

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**Modelo de Negócio Varejista de Energia Automotiva: o
caso do Carregamento de Veículos Elétricos**

Erich Alves Ribeiro Valladão da Costa
DRE: 113153114

ORIENTADOR (A): Prof. Edmar Luiz Fagundes de Almeida

DEZEMBRO 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

Modelo de Negócio Varejista de Energia Automotiva: o caso do Carregamento de Veículos Elétricos

Erich Alves Ribeiro Valladão da Costa
DRE: 113153114

BANCA EXAMINADORA

PROF. Edmar Luiz Fagundes de Almeida.
Prof.^a Niágara Rodrigues da Silva
PROF. Ronaldo Goulart Bicalho

DEZEMBRO 2018

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor

"et cognoscetis veritatem et veritas liberabit vos"

Ioannem 8:32

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a possibilidade de minha existência e o mundo. Em segundo lugar, agradeço aos meus pais Rozana e Marcelo por todo apoio incondicional que me deram para que chegassem até aqui. Agradeço também aos amigos que me ajudaram a trilhar esse caminho. Em especial aos amigos do DMC e do NG pela camaradagem de décadas, e aos amigos do IE pela experiência acadêmica que proporcionaram. Agradeço ao Professor Edmar pelo empenho, atenção e orientação dedicada à elaboração deste trabalho. Agradeço ao Yuri pelo apoio nas horas mais difíceis. E agradeço também a Lisiane por ter me ensinado a ter fé.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar o mercado de varejo de energia elétrica automotiva nos moldes do mercado atual de combustíveis. Será verificado se nas circunstâncias atuais a partir do paradigma tecnológico, e da tendência de demanda e oferta, a sua viabilidade econômica. Além disso, tem-se como objetivo secundário entender a tendência de um possível modelo de negócio ótimo as novas tecnologias. O trabalho estrutura-se na visão da Organização Industrial. O resultado dessa análise foi que o modelo de negócio varejista atual não é compatível com as novas tecnologias. O sucesso do modelo de negócio antigo e as novas tecnologias dependem de circunstâncias específicas.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the electric energy automotive retail market in the structure of the current fuel's retail market. It will be verified the economic viability in the current circumstances of technological paradigm and in the supply and demand trend. Besides, the secondary objective is to understand the trend of an optimal business model in compliance with the new technologies. This work sustains itself in the Industrial Organization vision. The result of this study was the incompatibility between the old business model and the new technologies. The success between them depends in specifics circumstances.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	8
ÍNDICES DE GRÁFICOS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INTRODUÇÃO	11
OBJETIVOS DO TRABALHO.....	13
METODOLOGIA.....	13
CAPÍTULO 1 - O MERCADO DE VAREJO DE COMBUSTÍVEIS	15
INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO	15
1.1 – CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DE VAREJO DE COMBUSTÍVEIS.....	16
1.2 – PANORAMAS DO VAREJO DE COMBUSTÍVEIS	17
CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	20
CAPÍTULO 2 – A TECNOLOGIA DE CARREGAMENTO ELÉTRICA VEICULAR.	21
INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO	21
2.1 CLASSIFICAÇÕES DE CONECTORES	21
2.1.1 <i>Quanto à potência</i>	22
2.1.2 <i>Quanto ao Fluxo de Energia</i>	23
2.1.3 <i>Quanto aos tipos de carregamento</i>	25
2.2 ESTRATÉGIAS E REGULAÇÃO.....	25
2.2.1 <i>Padronização</i>	25
2.2.2 <i>Coordenação de carregamento</i>	27
2.2.4 <i>Desafios e tendências das tecnologias de carregamento</i>	28
CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	30
CAPÍTULO 3 – EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS.....	32
INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO	32
3.1 – EXPERIÊNCIAS DE RECARGA DOS EUA	32
3.2 – EXPERIÊNCIAS DE RECARGA DO REINO UNIDO	35
3.2 – EXPERIÊNCIAS DE RECARGA DA NORUEGA	36
3.2 – O CASO DA REDE TESLA SUPERCHARGER	40
CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	41
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE FLUXO DE CAIXA	43
INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO	43
4.1 ANÁLISE DA OFERTA.....	49
4.1.1 <i>Cenário 1</i>	51
4.1.2 <i>Cenário 2</i>	57
4.1.3 <i>Análise de sensibilidade</i>	62
4.2 ANÁLISES DA DEMANDA	66
4.2.1 <i>Cenário 1</i>	67
4.2.2 <i>Cenário 2</i>	68
4.2.3 <i>Comparação entre cenários</i>	69
CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	70
CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Questionário para usuário de VE noruegueses	39
Tabela 2 – Informações sobre custo de estações de carregamento de VE.....	44
Tabela 3 - Resumo de Hipóteses	51
Tabela 4 - Fluxo de Caixa com Carregador Nível 4 CC no Cenário 1	53
Tabela 5 - Fluxo de Caixa com Carregador Nível 3 CC no Cenário 1	55
Tabela 6 - Fluxo de Caixa com Carregador Nível 4 CC no Cenário 2	58
Tabela 7 -Fluxo de Caixa com Carregador Nível 4 CC no Cenário 2	60

ÍNDICES DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Distribuição dos postos por bandeira	18
Gráfico 2 – Evolução dos preços dos combustíveis	19
Gráfico 3 - Benchmarking de CAPEX entre Tipos de Carregadores	46
Gráfico 4 – Decomposição do CAPEX	48
Gráfico 5 - Custo de Aquisição de Energia para cada Tecnologia	49
Gráfico 6 – Lucro anual em Diferentes Frotas Elétricas.....	62
Gráfico 7 – Comparação de <i>payback</i> entre as situações	63
Gráfico 8 - Comparação de TIR entre as situações	64
Gráfico 9 – Comparativo das Tarifas entre Carregadores	65
Gráfico 10 - Comparativo de Recargas Mínimas entre Carregadores e Regimes Tarifários	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia da Indústria de Veículos Elétricos	12
Figura 2 – Mapa de Estações do Tesla <i>Supercharger</i>	41

INTRODUÇÃO

O Acordo de Paris criou um esforço para o setor de transporte desenvolver um roteiro para a redução das emissões de carbono. Recentemente, surgiu a Agenda para o Desenvolvimento Sustentável pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 2016. A Agenda 2030 é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que são apoiados por 169 metas. O transporte sustentável é parte direta ou indiretamente de 17 metas. (ONU, 2015)

Recentemente, vários países estão focados em diminuir o impacto ambiental através de incentivos a tecnologias com baixas ou nenhuma emissão. Um exemplo disso são os carros elétricos. Vários países estão adotando os carros elétricos gradativamente em suas economias. Reino Unido e Noruega são dois países que tem liderado o processo de eletrificação da sua frota de carros. O Brasil assinou o Acordo de Paris e tem realizado medidas para reduzir as emissões de carbono. Nesse contexto, existe um estímulo para o desenvolvimento dos carros elétricos por parte de várias instituições.

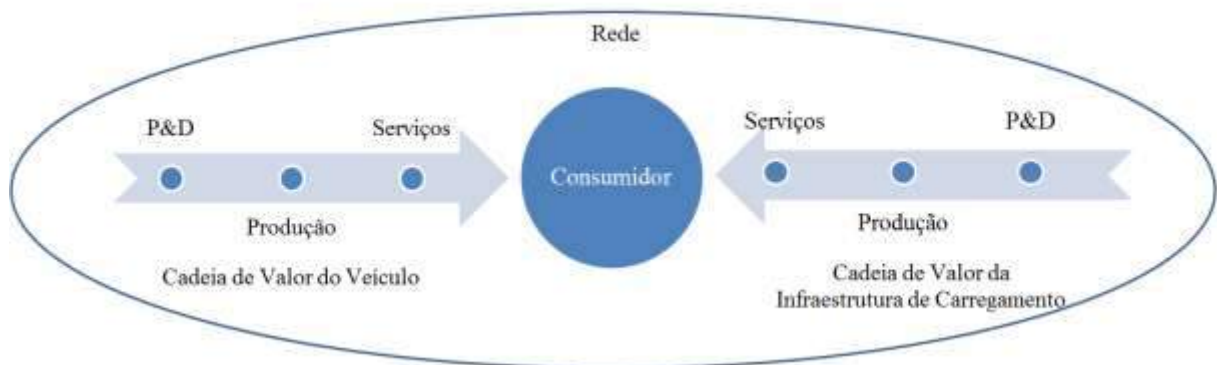
Os veículos elétricos (VE) surgiram no mercado mundial como uma nova alternativa de mobilidade aos veículos ICE (mecânica de combustão interna do inglês: *internal combustion engine*). Os veículos são conhecidos por utilizarem energia elétrica para funcionarem e possuírem mais intensidade tecnológica de dados que os ICE. Sua vantagem tem sido pontuada em não emitirem poluentes entornando as emissões mais controladas. Cada vez mais esses veículos tem mais tecnologia, fazendo com que criem um novo paradigma: ACES (Autônomo; Conectividade; Eletrificação e Mobilidade Inteligente do inglês: *Autonomous; Connectivity; Electrification and Smart-Mobilit*). (PADHI et Al 2017)

Conforme o avanço sobre o mercado de consumo de massa, os VEs estão experimentando mais inovações e virando uma produção de série. Firms novas estão buscando entrar no mercado reduzindo seus custos através da metodologia de redução de custo. No entanto, alcançar um custo inferior combinado a desempenho ainda pode ser uma vantagem competitiva para as firmas estabelecidas e, portanto, compreende uma oportunidade para se deparar com potenciais novos entrantes no mercado.

O mercado do eletro mobilidade mostra-se complexo, e ainda incerto. Diferente do mercado de veículos tradicionais, que não requer grande infraestrutura para suportar o carro, o mercado de VEs tem barreiras próprias devido à própria natureza. São necessários, além dos carros, ter de suporte uma infraestrutura de carregamento e uma infraestrutura de rede.

O desenho abaixo pode ilustrar como é o mercado de veículos elétricos:

Figura 1 - Cadeia da Indústria de Veículos Elétricos



Fonte: Elaboração própria com base em uma figura similar em (STEEN et Al 2015)

A mostra que o mercado é dividido em três partes: a Cadeia de Valor dos Veículos elétricos e a cadeia de valor da infraestrutura de carregamento e a rede suporta ambas as partes. Em todos os três conjuntos existem uma heterogeneidade de tecnologias.

A conjuntura macroeconômica brasileira tem afetado muitos setores do Brasil. O severo controle de inflação e o estabelecimento de um teto de gastos públicos têm impacto no mercado de carros elétricos. Isso tem impactado o setor de varejo de combustíveis. Isso culminou com a greve dos caminhoneiros.

O mercado de veículos elétricos pode vir a aliviar a dependência dos veículos movidos a combustão interna. Assim, poderia existir uma alternativa aos transportes que conciliasse tanto a questão ambiental quanto a questão de custo para o consumidor. Além disso, haveria estímulo para o desenvolvimento do setor.

A energia elétrica é mais barata de ser produzida em comparação aos combustíveis. Somado a isso os veículos elétricos são mais eficientes que os veículos a combustão interna. Isso leva a situação do crescimento dos carros elétricos no mundo. Entretanto, seria necessário recarregar esses veículos.

A função dos combustíveis automotivos na economia é armazenar energia em forma líquida para o movimento dos carros. As baterias de carros elétricos realizam a mesma função ao armazenar energia elétrica. Os combustíveis são usados para abastecer os carros, e as baterias recarregadas em terminais de recarga. Portanto, ambos representam, a partir de então, diferentes produtos de um mesmo mercado relevante, se for considerados os carros tradicionais e elétricos como substitutos. Esse seria o mercado de energia automotiva.

O varejo de combustíveis é a realidade para o usuário de carros tradicionais. Como os carros elétricos já são realidade surge à necessidade de carrega-los. Existe em forma de varejo a comercialização de energia elétrica através dos carregadores de carros. Portanto, o comercio que antes era restrito a combustíveis, agora já se estendeu a eletricidade para os veículos.

Como se trata de um negócio diferente, com estruturas de custos diferentes e que depende de uma inovação, não se pode ter certezas sobre seu sucesso. Assim, surge a necessidade de entender o tema e aprofundá-lo.

Objetivos do trabalho

O presente estudo busca entender o modelo de negócios e verificar sua operabilidade e rentabilidade em um cenário brasileiro. Seu principal objetivo é responder a pergunta: seria possível encaixar um modelo de varejo de energia automotiva com o carregamento de veículos elétricos?

Como objetivos secundários, busca-se entender a tendência tanto de oferta quanto à demanda e de investigar quais as condições necessárias para o sucesso do modelo de negócio. Além disso, busca-se fazer um panorama da tecnologia atual e analisar as experiências internacionais com o carregamento de veículos elétricos.

Metodologia

Definidos os objetivos do trabalho, deve ser observada a metodologia de estudo. Será analisado o mercado de carregamento de carros elétricos e não os veículos e seus mercados. Portanto, o mercado relevante são as diferentes formas de carregamento de veículos elétricos.

O local de análise tem a ambição de ser tanto internacional quanto o Brasil. Por ser tratar de um mercado ainda pequeno, pode-se estabelecer a dimensão espacial como sendo vários países. São eles: Noruega, Estados Unidos e Inglaterra.

Além disso, alinhado com a ideia de traçar a tendência, a dimensão temporal deve ser ancorada na atualidade. Se tratando de um mercado sujeito a inovação, deve-se atentar as tecnologias mais recentes e que potencialmente tem poder de influenciar as formas de se realizar negócios.

A fim de atingir os objetivos supracitados, neste trabalho será usada a abordagem da Organização Industrial. Por conta disso, serão realizadas duas abordagens para entender o modelo:

- (a) descrição das tecnologias de carregamento e das experiências com elas;
- (b) análise financeira de fluxo de caixa de comércio de varejo de energia automotiva.

Os dois primeiros oferecerão subsídios para entender a organização industrial que se formará no mercado. O último será uma simulação sob o ponto de vista de um ofertante e de um consumidor a fim de verificar as características que foi desenhada.

Usando essa visão o trabalho será dividido em quatro partes principais. A primeira será o entendimento da estrutura assim como um panorama dos mercados de varejo de combustíveis. A segunda parte será feita uma descrição das tecnologias atuais. Na terceira parte serão analisados os projetos e as experiências de diferentes países. Na quarta parte do trabalho será feita a simulação financeira de fluxo de caixa de comércio de varejo de energia elétrica automotiva.

Não se entende como parte do escopo a análise das políticas industriais ou regulatória de diferentes países citados no trabalho, muito menos formular políticas públicas em prol de qualquer tecnologia existente.

CAPÍTULO 1 - O Mercado de Varejo de Combustíveis

Introdução do Capítulo

A fim de entender o modelo de negócios de postos de combustíveis, será feita, nesse capítulo uma análise do mercado. Inicialmente será feito uma contextualização do mercado, seguido de uma análise de sua estrutura, depois será desenhado um panorama da situação atual.

A partir do ano 2002, entrou em vigor no Brasil o regime de liberdade de preços em todos os segmentos do mercado de combustíveis: produção, distribuição e revenda. Dessa forma, não há qualquer forma de controle direta por parte da administração pública. Assim, não há qualquer tipo de tabelamento nem fixação de valores máximos e mínimos de preços e margens, ou qualquer exigência de autorização oficial prévia para reajustes de derivados de petróleo, de gás natural e de biocombustíveis. (ANP, 2018a)

Os preços dos combustíveis ao consumidor final variam como consequência dos preços nos produtores, dos tributos federais e estaduais incidentes ao longo da cadeia de comercialização (PIS/ COFINS, CIDE E ICMS), dos custos e despesas operacionais e de transporte de cada empresa, dos biocombustíveis adicionados ao diesel e à gasolina e das margens de distribuição e de revenda.

Em 2016, mudanças na gestão da estatal e no Executivo Federal levaram à adoção de nova política de preços de combustíveis pela empresa. Desta feita, fundada no alinhamento ao mercado internacional, levada, num primeiro momento, ao consumidor por meio de reajustes mensais para o diesel e a gasolina. Tais reajustes passaram a variações diárias em julho de 2017. De acordo com comunicados da empresa ao mercado, a mudança de reajustes mensais para diários ocorreu em razão do comportamento das importações e da sua perda de *market share*, com sua participação nas importações entre 2015-2017, recuando de 83,7% para 21,4%, na gasolina, e de 84,2% para 4,3%, no óleo diesel. (ANP, 2018a)

Com um aumento no preço do barril de petróleo no mercado internacional e diminuição da cotação do real frente ao dólar, aliada à política de reajustes diários nos preços de comercialização de diesel e gasolina pela Petrobras com paridade de importação, em ambiente

de monopólio exercido pela empresa no segmento de refino, criou aumento expressivo nos preços de revenda ao consumidor final em um curto intervalo de tempo.

Com a paralisação dos caminhoneiros em Maio de 2018, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) adotou conjunto de medidas excepcionais, resultando no Despacho nº 671/2018, com objetivo garantir a continuidade do abastecimento e inibir preços abusivos. Após encerramento do movimento, as medidas foram revogadas pelo Despacho nº 700/2018. (ANP, 2018a)

1.1 – Características do Mercado de Varejo de Combustíveis

As especificidades do posto revendedor determinam a importância do esforço do agente, bem como o grau que este esforço pode ser monitorado pela distribuidora. De acordo com estas especificidades, a distribuidora escolhe, entre um conjunto de contratos padrões, aquele que melhor garante seus direitos de controle sobre as escolhas do revendedor. BRUNI 2005 separa as organizações mais comuns no Brasil:

(1) *Company-owned, Dealer-operated*: neste caso, a distribuidora é proprietária das instalações e realiza investimentos significativos no posto. Localização, capacidade de venda e serviços oferecidos são alguns itens a serem analisados, visando à maximização do lucro da operação. Tais itens dependem das condições do local como volume de tráfego, elasticidade de demanda, número e característica dos postos concorrentes, dentre outros. Já a operação do negócio é geralmente delegada a um arrendatário. Este deve cumprir certos requisitos contratuais como, por exemplo, padrões de limpeza, horas de operação, tipos de produtos a serem vendidos, acesso às inspeções por parte da distribuidora. Em alguns casos, o contrato pode impor ao operador a compra de volumes mínimos de combustível. O contrato também envolve a cobrança de uma tarifa em duas partes: além de fixar o preço no atacado a distribuidora cobra uma taxa anual de arrendamento associada, muitas vezes, à receita líquida do posto.

(2) *Dealer-Owned, Dealer-Operated*: neste caso, a distribuidora não realiza investimentos no ativo *downstream*. Os contratos regulam tão somente o preço de venda ao operador, a fixação de volumes mínimos de compra de combustível, restrições quanto à manutenção da qualidade do produto, a exclusividade do fornecimento e a apresentação da marca. Já fatores

relacionados à fixação de preço ao consumidor e ao nível de qualidade são escolhas do operador.

Atualmente, a Lei do Petróleo impedem as distribuidoras o exercício da atividade de varejista de combustíveis, mas não o direito à propriedade de postos de combustíveis. Dessa forma, os segmentos distribuição e revenda prestam atividades econômicas legalmente independentes, sem necessidade de controle direto pela Administração Pública. (LEI Nº 12.351)

A revenda é a última etapa da cadeia do mercado de combustíveis. É no segmento de revenda que o produto chega ao consumidor final. O mercado de revenda nacional é constituído por milhares postos de revenda. O posto revendedor, segundo a Resolução nos 273 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é uma:

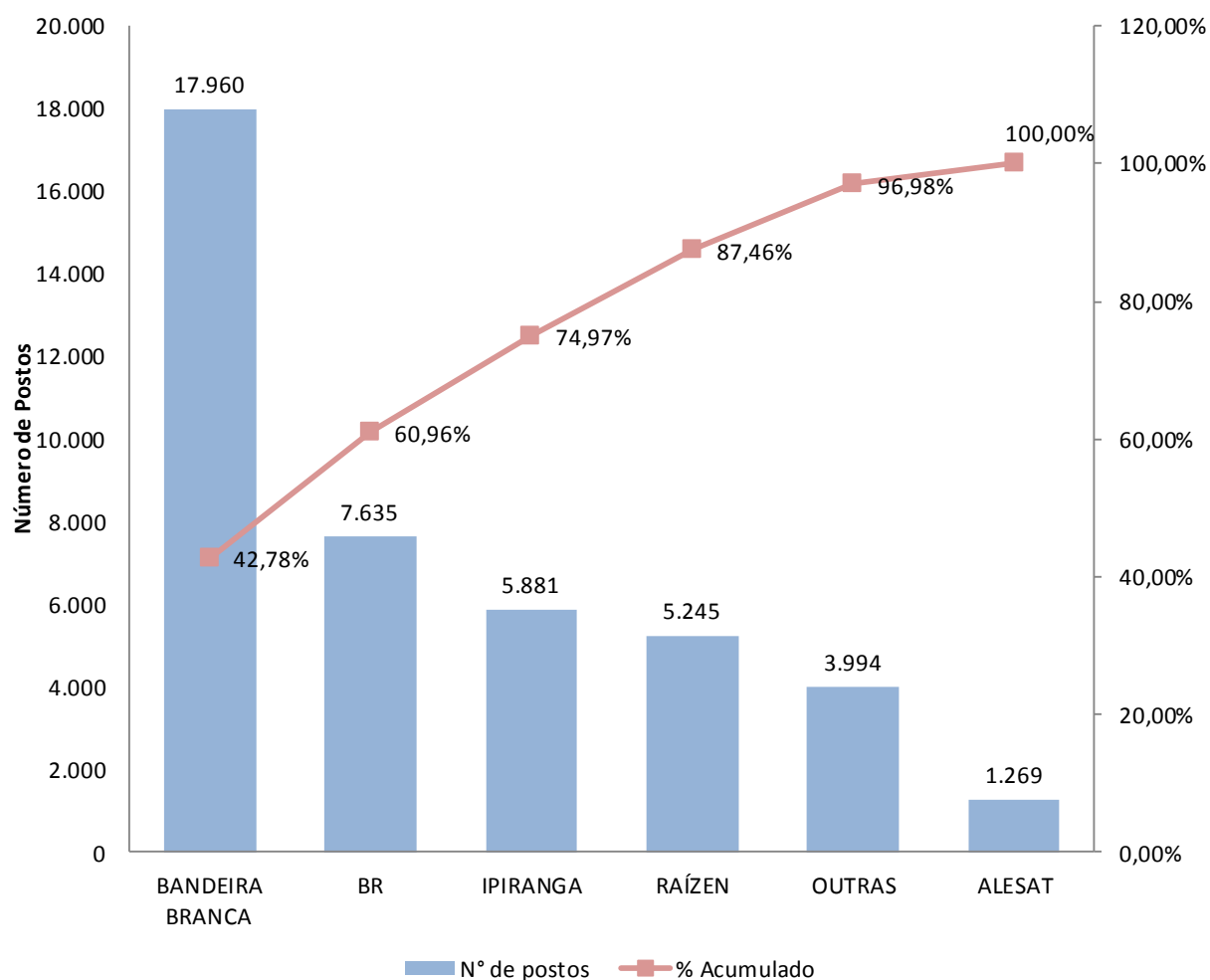
Instalação onde se exerça a atividade de revenda varejista de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos, dispondo de equipamentos e sistemas para armazenamento de combustíveis automotivos e equipamentos medidores. (CONAMA, 2000)

Os postos revendedores podem se filiar à bandeira de uma distribuidora ou não. Os postos que não se filiam à bandeira de nenhuma distribuidora são classificados como postos de bandeira branca e podem comprar o combustível de qualquer distribuidora. Já os postos que se filiam a uma dada bandeira só compram a gasolina da distribuidora da sua bandeira. (Nunes & Gomes, 2005)

1.2 – Panoramas do Varejo de Combustíveis

Existem, segundo a ANP 2018, 41.984 postos revendedores operando no Brasil. A maioria opera no Sudeste com 38,8% da participação. Em segundo lugar, estaria o Nordeste com participação de 25,5%; em seguida a região Sul, com 19%; a região Centro-Oeste, com 8,8%; no Norte com 8%. A maior concentração de postos encontra-se nos estados de São Paulo, com 21,9%; Minas Gerais com 10,3%; Rio Grande do Sul com 7,7%; Paraná com 6,6%; Bahia com 6,9%; e Rio de Janeiro com 5%. (ANP, 2018c)

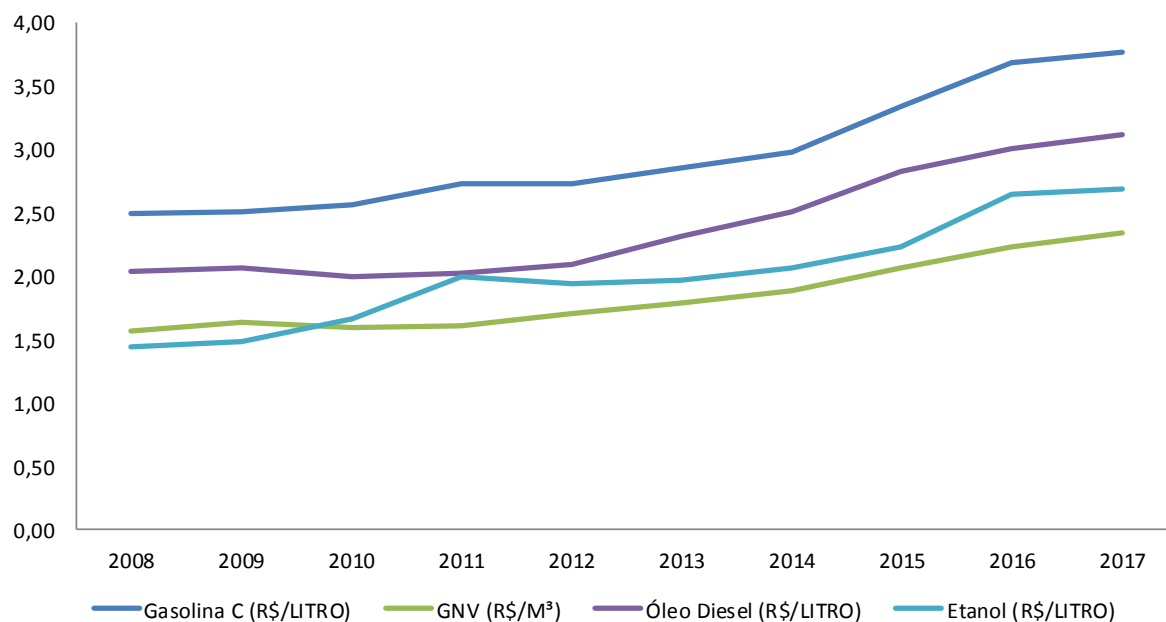
O gráfico abaixo tem informações da distribuição dos postos pelas bandeiras:

Gráfico 1- Distribuição dos postos por bandeira

Elaboração Própria baseado em dados de ANP 2018c

No gráfico pode perceber a predominância dos postos de bandeira branca sobre os outros tipos de bandeiras. Isso ocorre devido às facilidades dos postos de bandeira branca comprar em quaisquer distribuidoras. Esse tipo de modelo de negócio favorece a livre concorrência, tornando o mercado mais fluido.

Em relação aos Preços de Combustíveis ao consumidor o gráfico abaixo mostra os valores em 10 anos:

Gráfico 2 – Evolução dos preços dos combustíveis

Elaboração própria com dados do anuário estatístico ANP

Percebe-se que os combustíveis cada ano que se passa tornam-se mais caros. A Gasolina tipo C já está próxima a quatro reais o litro. Em 2018, alguns locais esse valor já chegou a cinco reais. Isso significa que a tendência será cada vez mais o aumento do preço dos combustíveis.

No Brasil, o volume total de vendas de gasolina C em setembro apresentou queda de 9,51% em relação ao mês imediatamente anterior, para cerca de 2,89 milhões de m³. Assim, o indicador de vendas se manteve no menor nível dos últimos cinco anos pelo sexto mês consecutivo. Na comparação anual, o volume comercializado de gasolina comum em setembro ficou 17,37% abaixo do verificado no mesmo período do ano passado. No ano de 2018, houve redução de 13,48% do volume comercializado de gasolina C em relação a 2017. Isso ocorre por conta do aumento do volume de vendas de etanol hidratado, as quais foram, no acumulado do ano, 41,30% acima do acumulado no mesmo período do ano anterior. (ANP, 2018b)

Em relação ao Etanol o acumulado do ano foi de 41,30% superior ao verificado no mesmo período do ano anterior. O contínuo aumento na demanda do biocombustível está relacionado ao efeito substituição do etanol hidratado em relação à gasolina C. Esse efeito é explicado pelos preços mais competitivos do biocombustível. Tanto o etanol quanto a gasolina apresentaram alta nos preços em relação ao mês anterior, o combustível fóssil, no entanto, permanece economicamente menos atraente ao consumidor. A relação de preços entre o

etanol hidratado e a gasolina C passou de 59,7% em agosto para 61,01% em setembro, quando comparadas a última semana de cada mês. (ANP, 2018b)

No mês de setembro o índice ABCR, que mede o fluxo de veículos nas estradas, apresentou estabilidade na comparação de setembro frente agosto. Observou-se crescimento do indicador do fluxo para veículos leves na ordem de 1,8%, enquanto o indicador para o fluxo de veículos pesados caiu 1,4%. Dessa forma, o fluxo total de veículos ainda se encontra com dinamismo abaixo do registrado no período anterior à greve dos caminhoneiros. Na comparação anual, o índice ABCR para veículos pesados apresentou variação negativa de 1,5%, enquanto o indicador para veículos leves registrou queda de 4,1%. O indicador para o fluxo total recuou 3,4% na mesma comparação. (ANP, 2018b)

Conclusão do capítulo

Apesar disso, o setor de combustíveis apresenta solidez e fluidez no seu funcionamento. Mesmo com a alta de preços, os consumidores estão buscando maneiras de ajustar seu consumo. Recentemente pode-se notar a substituição da gasolina pelo etanol como um exemplo. Isso representa um sinal de que o mercado está sólido apesar de seus problemas.

A entrada de uma indústria de varejo de energia elétrica automotiva causaria resultados desconhecidos no setor de combustíveis. No próximo capítulo serão abordadas as tecnologias de carregamento. É possível afirmar, porém que mesmo com uma tecnologia nova entrando no mercado oferecendo um serviço parecido haveria um tempo para mudar as preferências dos consumidores.

A eletricidade, desde sua geração até o utilizador no consumidor final, tem menos perdas que os combustíveis supracitados. Sua natureza facilita o transporte pelos fios de alta tensão e pode reduzir custos de transportes de energia de um ponto a outro. A única barreira é a eficiência dessas tecnologias. Atualmente, esses terminais são demasiadamente onerosos ao investidor e ainda não tem o retorno esperado. Porém, alguns postos já fazem uso dessa tecnologia na forma de varejo semelhante ao que ocorre com os combustíveis fósseis e renováveis.

CAPÍTULO 2 – A tecnologia de carregamento elétrica veicular.

Introdução do Capítulo

Para que os VE possam funcionar, eles devem ser carregados em estações de recarga. Esses carregadores podem ser de vários tipos. Basicamente podem ser enumerados quatro tipos de carregamento: nível 1, nível 2, nível 3, e o nível 4. Uma das formas é o carregamento noturno em casa ou em uma garagem onde o veículo pode ser conectado a uma estação de nível 1. Já o carregamento de nível 2 é a principal forma para os setores privado e público e até mesmo residencial utilizam em instalações e requer uma tomada de 240 V. Nesse; o carregamento fornece amplo poder e pode ser implementado na maioria dos ambientes. Os carregadores de Nível 3 são mais rápidos e são destinados a aplicações comerciais e públicas, operando como uma estação de recarga. A maioria das situações empregam as estações de Nível 2 ou 3 como em locais públicos. (Yilmaz & Krein, 2013)

Os carregadores de baterias VE podem ser classificados como *on-board* e *off-board* com fluxo de energia unidirecional ou bidirecional. O fluxo unidirecional é uma tecnologia mais simples porque limita suas necessidades simplificando os problemas de interconexão e tende a diminuir a vida útil da bateria. Já um sistema de carregamento bidirecional suporta carga da rede, injeção de energia da bateria de volta à rede e estabilização de energia com energia adequada conversão. (Yilmaz & Krein, 2013)

Sistemas de carregamento a bordo podem ser condutivos ou indutivos. Sistemas de carga condutiva utilizam contato direto entre o conector e a entrada de carga. Já um Carregador indutivo transfere energia magneticamente. Este tipo de carregador foi explorado para os níveis 1 e 2 e podem ser parados ou em movimento. (Yilmaz & Krein, 2013)

Existem projetos que visam criar estradas que carregam VE em movimento na Inglaterra como, por exemplo, um projeto de estrada na Inglaterra que visa carregar o veículo do usuário. (SMITH, 2018)

2.1 Classificações de Conectores

Carregadores de bateria desempenham um papel crítico no desenvolvimento de EVs. O tempo de carregamento e a duração da bateria estão ligados às características técnicas do carregador. Um carregador de bateria deve ser eficiente, confiável e ter baixo custo. Os algoritmos de controle do carregador são implementados através de controladores analógicos processadores de sinal digital e circuitos integrados sobre a classificação, custo e tipos de conversores. Um carregador VE deve garantir que a corrente da rede elétrica seja desenhada com poucas perdas e maior potência a partir de uma tomada. (Yilmaz & Krein, 2013)

2.1.1 Quanto à potência

Os níveis de potência do carregador refletem a potência, o tempo de carregamento, custo, equipamento e efeito na rede. A implantação de infraestrutura de carregamento e equipamentos da EVCS é uma consideração importante devido a problemas que precisam ser abordados: tempo de carregamento, distribuição, extensão, políticas de demanda, padronização de estações de recarga e procedimentos. (Yilmaz & Krein, 2013)

Os tipos de carregadores podem ser classificados de acordo com o nível de carga que ele pode realizar e em quanto tempo. Existem carregadores de nível 1, nível 2, nível 3, e nível 4. Abaixo seguem as características principais desses carregadores:

(1) Carregadores de nível 1: Os carregadores de nível 1 realizam a recarga de forma mais lenta. Nos EUA, o Nível 1 usa uma unidade monofásica padrão de 120 V / 15 A. Para utilização em áreas residenciais ou de negócios, nenhuma infraestrutura adicional é necessária. Taxas baixas fora do pico de energia provavelmente estarão disponíveis à noite. O custo de instalação dessa infraestrutura residencial gira em torno de US\$ 500 - US\$ 880. (Yilmaz & Krein, 2013)

(2) Carregadores de nível 2: O carregamento de nível 2 é o principal método para instalações privadas, públicas e até uso doméstico. Esse tipo de equipamento oferece carregamento a partir de 208 V ou 240 V (até 80 A, 19,2 kW) e pode exigir equipamento dedicado e uma instalação de conexão para unidades domésticas ou públicas. Os proprietários parecem preferir o nível 2 tecnologia devido ao seu tempo de carregamento mais rápido e padronizado conexão veículo-carregador. Existe um medidor para cobrança da energia demandada. Um carregador de nível 2 custa aproximadamente US\$ 1000 e US\$ 3000, com uma unidade residencial podendo custar US\$ 2150. (Yilmaz & Krein, 2013)

(3) Carregadores de nível 3: Esse nível de carregadores pode ser explorado de forma comercial semelhante ao que se faz hoje com gasolina, etanol, diesel e outros combustíveis. Estes carregadores podem ser instalados em áreas de descanso em rodovias e pontos de abastecimento da cidade, como postos de combustíveis. Normalmente opera com um circuito trifásico 480 V ou superior. Carregamento de nível 3 não é viável para áreas residenciais devido ao seu alto custo de aquisição. Uma unidade da infraestrutura de carregamento de nível 3 custa entre US \$ 30.000 e US \$ 160.000. Além disso, manter as estações de carregamento é outra despesa adicional elevada. (Yilmaz & Krein, 2013)

(4) Carregadores de nível 4: São carregadores muito potentes com carga de 2000 v/125A com potência de 480 kW. Seu custo gira em torno de US\$ 70.000 para instalação. (Schroeder & Traber, 2012)

A disponibilidade da infraestrutura de carregamento pode ser usada para reduzir os custos e o uso de combustíveis. De acordo com o Instituto de Pesquisa de Energia Elétrica (EPRI), a maioria dos proprietários de VE deve carregar durante a noite em casa. (Yilmaz & Krein, 2013). No próximo capítulo o comportamento dos usuários serão detalhados. Por isso, carregadores Nível 1 e Nível 2 equipamentos serão as principais opções para o público. Apesar disso, carregadores de níveis 3 e 4 poderiam ser empregados comercialmente com a venda do serviço de carregamento de veículos elétricos. Porém, existe uma incerteza de como esse tipo de negócio funcionaria.

2.1.2 Quanto ao Fluxo de Energia

Os fluxos de carregamento dos veículos podem ser tanto Unidirecionais como Bidirecionais. Cada um desses tipos de fluxos necessita de conectores do tipo *Off-Board* e *On-board*, respectivamente. Um carregador localizado dentro do veículo permite que os proprietários de VE carreguem seus veículos sempre que uma fonte de energia adequada estiver disponível. O carregador de bordo de Nível 1 tem potencia limitada devido a restrições de peso, espaço e custo. Dado que as classificações típicas de eletrônica de potência em um VE são de pelo menos 30 kW, o carregamento externo envolve eletrônicos de energia e os custos extras associados. Outras desvantagens incluem o risco de vandalismo e agregação de lixo em um ambiente urbano. (Yilmaz & Krein, 2013)

A respeito dos tipos de fluxos de carga:

(1) Fluxos Unidirecionais: EVs com carregadores desse tipo podem carregar, mas não injetar energia na rede elétrica. Hoje, esses conversores são implementados sem um único estágio para limitar o custo, peso, volume e perdas. A Simplicidade no controle de carregadores unidirecionais é relativamente fácil para um usuário gerenciar alimentadores muito carregados devido a vários veículos. Recentes pesquisas em carregamento unidirecional buscam estratégias de carregamento otimizadas que maximizam os benefícios e exploram o impacto na distribuição nas redes. Com uma alta penetração de EVs e o controle da corrente de carregamento ativo, carregadores unidirecionais pode encontrar a maioria dos objetivos de utilidade, evitando custos, desempenho e preocupações de segurança.

(2) Fluxos Bidirecionais: Um carregador bidirecional típico tem dois estágios: um conversor bidirecional que controla a potência e um conversor bidirecional para regular a corrente. Estes carregadores podem usar não isolados ou isolados configurações de circuito. Ao operar no modo de carga, eles devem desenhar uma corrente sinusoidal com um ângulo de fase definido para controlar potência e potência reativa. No modo de descarga, o carregador deve retornar a corrente em uma forma similar. Um carregador bidirecional suporta carga da Grid e injeta energia da bateria de volta para ela.

A maioria dos estudos recentes têm se concentrado no fluxo de energia bidirecional, porém, existem sérios desafios para adoção. Esse tipo de fluxo de energia deve superar a degradação da bateria devido a ciclismo, o custo alto de um carregador com potência bidirecional capacidade de fluxo, problemas de medição e sistema de distribuição necessário upgrades. Os clientes provavelmente precisarão de energia garantir que o estado do veículo seja previsível quando o usuário for dirigir. A implementação bem sucedida de fluxo de energia bidirecional exigirá extensas medidas de segurança. (Yilmaz & Krein, 2013)

Carregadores bidirecionais são esperados apenas para infraestruturas de nível 2, porque as limitações de potência e metas de custo dos carregadores de nível 1 são baixas. No nível 3 e 4 existem conflitos em relação ao fluxo de energia por conta do objetivo básico de minimizar o tempo de conexão e entregar energia substancial o mais rápido possível. (Yilmaz & Krein, 2013)

2.1.3 Quanto aos tipos de carregamento

A carga a ser efetuada em um veículo, semelhante ao que ocorre no mercado de smartphones, pode ser realizada de duas formas: Indutiva ou Condutiva. A última é a forma mais comum e existente até então, que é a utilização de cabos com conectores. Já a outra forma é sem cabos na qual se induz a carga por eletroímãs. Elas podem ser descritas:

(A) Carregamento Condutivo: Sistemas de carga condutiva usam contato direto e um cabo entre o conector VE e a entrada de carga. O cabo pode ser alimentado a partir de uma tomada elétrica padrão (Nível 1 ou 2) ou uma estação de carregamento (Nível 2 ou 3).

(B) Carregamento Indutivo: Um carregador indutivo transfere energia magneticamente. Esse tipo de carregador foi explorado para os dispositivos dos Níveis 1 e 2. Esses podem ser tanto estacionários, quando em movimento. Existe um projeto na Grã-Bretanha que visa criar uma estrada que carrega os VE enquanto está em movimento, através do eletromagnetismo.

2.2 Estratégias e Regulação

A demanda dos EVs no mercado influenciará os efeitos sobre a infraestrutura das EVCS no mercado. A Implantação desbalanceada em grande escala pode causar um impacto negativo na rede elétrica; assim, a estabilidade da Grid tornar-se uma tarefa desafiadora.

2.2.1 Padronização

Existe uma necessidade crescente de padronização de carregadores assim como ocorre no mercado de Smartphones em relação a seus carregadores. Entretanto, várias empresas existentes têm diferentes diretrizes quando ao direcionamento quanto à padronização dos carregadores.

Existem quatro padrões de carregamento plugues de veículos elétricos que existem no mundo. Cada um deles foi definido devido a critérios diversos. Variam desde estratégias internas de

firmas, a políticas governamentais. A TESLA, por exemplo, preferiu adotar um padrão próprio, enquanto que a TOYOTA e HONDA optaram pelo padrão CHAdeMO do Japão. Podem ser citados quatro padrões que tem variadas formas: CHAdeMO, CCS, Type2 e Tesla.

Todas as organizações referentes a padrões de conectores

2.2.1.1 Padrão CHAdeMO

A associação CHAdeMO¹ é formada pela Tokyo Electric Power Company, pela Nissan, pela Mitsubishi e pela Fuji Heavy Industries, Toyota e outras. (CHAdeMO, 2010a) A organização desenvolveu recentemente método de carregamento rápido para veículos elétricos a bateria fornecendo até 62,5 kW por 500 V, 125 A de corrente contínua (CHAdeMO, 2010b) através de um conector elétrico especial. Já existem versões experimentais denominadas CHAdeMO 2.0 que permitem até 400 kW em corrente contínua de 400 V, 400 A. (CHAdeMO, 2018)

Em dezembro de 2018, a organização CHAdeMO afirma existirem 22.600 carregadores CHAdeMO instalados. Destes 7.400 estão instalados no Japão; 7.900, na Europa; 2.900, na América do Norte; 4.200 na Ásia e 200 em outros lugares. (CHAdeMO, 2018b) Essa organização propõe conectores próprios para as firmas que a compõem.

2.2.1.2 Padrão Type2

O conector TYPE2 é um padrão europeu usado para carregar carros elétricos. O conector é de forma circular, com uma borda superior achatada e originalmente especificado para carregar veículos elétricos à bateria em 3–50 quilowatts. A energia elétrica é fornecida como corrente alternada monofásica ou trifásica ou corrente contínua. Em janeiro de 2013, o conector TYPE2 foi selecionado pela Comissão Europeia como plugue de carga oficial dentro da União Europeia. (MENNEKES, 2013) Desde então, foi adotado como o conector recomendado em alguns países fora da Europa, incluindo a Nova Zelândia. (NZTA, 2018)

O sistema foi posteriormente testado e padronizado pela Associação Alemã da Indústria Automotiva e, posteriormente, recomendada pela Associação Europeia de Fabricantes de Automóveis em 2011. (EC, 2013)

¹ O nome do CHAdeMO contém três significados em japonês: "CHArge de MOVE significando movimento, carga em movimento", "de" significando eletricidade e ao mesmo tempo, (enquanto se carrega o carro) chá.

2.2.1.3 Padrão CCS

Durante o 15º Congresso Internacional da Associação de Engenheiros Alemães em 2011 em Baden-Baden, surgiu a proposta de criarem um padrão de conectores. Esse foi nomeado Combined Charged System (CCS). (PHOENIXCONTACT, 2018)

Sete fabricantes de automóveis (Audi, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche e Volkswagen) concordaram em introduzir a CCS em meados de 2012 [6] [7]. As implementações de um primeiro protótipo para até 100 kW foram mostradas no EVS26 em Los Angeles em maio de 2012. (VOLKSWAGEN, 2012)

O CCS tem sido impulsionado principalmente por fabricantes de automóveis europeus e norte-americanos. Na União Europeia, de acordo com a Diretiva 2014/94 / UE, todos os pontos de carregamento CC de alta potência instalada após 18 de novembro de 2017 devem ser equipados para fins de interoperabilidade, pelo menos, com conectores CCS de carregamento rápido. (UNIÃO EUROPEIA, 2014)

2.2.1.4 Padrão TESLA

Nos Estados Unidos, a empresa TESLA Motors tem sido uma das pioneiras uma das empresas que mais inovam no setor de carros elétricos. Em relação à tecnologia, a TESLA tem padrões de conectores veículo-rede próprio. As estações de *Supercharger* serão abordadas no capítulo posterior. Em relação à tecnologia desses padrões, a TESLA tem um conector veículo-rede próprio. A empresa anunciou em novembro de 2018 que estava atualizando todos os Superchargers na UE para adicionar conectores CCS. (TESLA, 2018a)

2.2.2 Coordenação de carregamento

O carregamento pode ocorrer sob duas formas: coordenado ou não coordenado. Carregamento não coordenado significa que as baterias VE começam a carregar imediatamente quando conectadas ou iniciam após um atraso fixo ajustável pelo usuário e continuam carregando até que estejam totalmente carregadas ou desconectadas. Este sistema de recarga é mais provável no Nível 1. (Yilmaz & Krein, 2013)

As operações de recarga descoordenadas tendem a aumentar a carga nos horários de pico e podem causar problemas na rede local de distribuição, como perdas extras de energia e desvios de voltagem que afetam a qualidade da energia. Elas podem levar a sobrecargas nos transformadores e cabos de distribuição, maiores perdas de energia e menor confiabilidade e custo-benefício da rede. Habib, Kamran, & Rashid 2014 assim como Yilmaz & Krein 2013 chamam a atenção para o fato de que o carregamento de veículos de forma descoordenada pode levar a aumentar a tensão de transformadores. Portanto, isso poderia exceder a capacidade da infraestrutura de distribuição existente. (Yilmaz & Krein, 2013)

Algumas empresas de serviços públicos oferecem uma tarifa dupla (taxas de diárias baratas) para os proprietários de VE como forma de reduzir o pico de carga. A tarifa dupla pode efetivamente atrasar a cobrança. Quando o usuário concorda com um atraso fixo e ajustável, os proprietários podem esperar por preços baixos e baratos. O carregamento fora de pico ocorre durante a noite, quando a demanda de eletricidade é baixa e a geração é principalmente de carga básica. Segundo Yilmaz & Krein, 2013 o uso de taxas variáveis no tempo por clientes com recarga de Níveis 2 ou 3 ajudaria a resolver o problema.

Já o carregamento coordenado otimiza o tempo e a demanda de energia e reduzem os custos de eletricidade diários, desvios de tensão, correntes de linha e surtos de carga do transformador. Um sistema de tarifação coordenado é mais adequado para níveis (Níveis 2 e 3). Masoum, Moses, & Hajforoosh 2011 investigaram o papel de coordenação de carga na melhoria do transformador de distribuição desempenho na Austrália. Sua conclusão foi que enquanto a abordagem de coordenação é benéfica no nivelamento geral da carga do sistema e no pico de energia, um aumento de 63% da frota elétrica poderia resultar em aumentos significativos nas cargas de transformadores individuais que podem exceder as suas classificações. Para melhor coordenação e confiabilidade, o conceito de agregação foi proposto para fornecer armazenamento viável. Fluxo de energia bidirecional e comunicação entre os veículos agregados e a rede podem ser controlados para manter a estabilidade do sistema. (Yilmaz & Krein, 2013)

2.2.4 Desafios e tendências das tecnologias de carregamento

A maioria das estações de carga rápida seria localizada principalmente em locais comerciais. A infraestrutura elétrica existente pode não ser adequadamente projetada para satisfazer o pico de demanda pelas estações de serviço elétrico necessárias nessas áreas. Dependendo da penetração de EV, o uso do veículo e o nível de carga demandada podem sobrecarregar rapidamente. Eles aumentam perdas de transformadores de distribuição, desvios de tensão, harmônicas distorção e demanda de pico. Isso exigiria investimentos adicionais em cabos subterrâneos maiores e despesas gerais linhas, e mais capacidade do transformador. O custo poderia impactar significativamente a confiabilidade, segurança, eficiência e economia redes inteligentes recentemente desenvolvidas, devido a uma possível perda de vida do transformador. Com uma penetração de VE de 50%, a vida útil do transformador é reduzida em 200–300%. (Yilmaz & Krein, 2013)

Apesar das vantagens ambientais e da eficiência energética, os VE não foram amplamente aceitos no mercado em larga escala. Isso pode ser explicado pela falta de infraestrutura de carregamento. A infraestrutura de carregamento requer um grande investimento por parte do governo e do setor privado. Existem algumas barreiras à instalação de infraestrutura, como códigos e normas, custos de instalação, planejamento de infraestrutura de concessionárias, construção, conhecimento do consumidor, medição, papel do contratado, procedimentos de licenciamento, entre outras. A demanda por infraestrutura de carregamento é impulsionada por três fatores principais: taxas de penetração, grau de carga e ansiedade de alcance. Há uma incerteza em relação ao impacto da rede inteligente nas baterias VE e nas infraestruturas de carregamento EV. (Yilmaz & Krein, 2013)

Futuramente, o carregamento níveis 1 e 2 provavelmente serão os mais usados devido à conveniência e da eletricidade de baixo custo. Essas tecnologias são mais econômicas porque não requer grandes mudanças de infraestrutura. No entanto, à medida que a capacidade da bateria e o alcance dos VEs são melhorados via inovação, e potencialmente alguns VEs no futuro precisariam de carga rápida de nível 3 para ampliar o alcance de direção. Portanto, há uma necessidade crescente de construir infraestruturas de estação de recarga a *On-Board*. (Yilmaz & Krein, 2013)

O carregamento rápido a partir do nível 3 fornece um método para aliviar a *range anxiety* do usuário. O alto custo da instalação de uma infraestrutura de carregamento rápido e a dificuldade associada à obtenção de grandes quantidades de energia da rede elétrica garante que os carregamentos padrão e noturnos continuem sendo os métodos mais comuns de carregamento de veículos. (Yilmaz & Krein, 2013)

A necessidade de recarga na comunidade e nas rodovias é essencial para a comercialização em massa. Restrições em problemas de armazenamento e carregamento podem ser relaxadas com sistemas indutivos de carregamento de leito rodoviário, uma vez que uma parte da energia operacional é fornecida a partir da via terrestre. (Yilmaz & Krein, 2013)

A recepção bem sucedida de EVs na próxima mudança depende do seguinte:

- (1) implantar uma infraestrutura de cobrança e EVSE associado é talvez uma análise mais importante. Necessários às peças incluídos condutores, conectores EV, acessórios Plugues, Dispositivos, Energia ou outros aparelhos instalados com uma finalidade de fornecimento de energia segura das estâncias elétricas aos EVs;
- (2) confiabilidade, durabilidade e considerações sobre segurança do carregador Contribuirá para os balanços dos VEs;
- (3) eficiência do carregamento e dos custos do carregador;
- (4) adequação para o fluxo de potência bidirecional V2G, comunicação, e medição;
- (5) sistema de alimentação que podem acomodar alta potência Proporcionará mais flexibilidade e opções ao consumidor;
- (6) cobrar estratégias e estabelecer limites para o tempo de carregamento regras de acesso;
- (7) a introdução da padronização de VE acordada internacionalmente das estações de carregamento. Instituições de pesquisa, utilitários, e a indústria automotiva devem colaborar para Definir padrões que realmente utilizam uma cobrança gerenciada programas que capacitariam os usuários de EV, ao mesmo beneficiando uma rede elétrica. Procedimentos regulatórios e políticas para firmas comerciais no mercado de distribuição são precisos;
- (8) uma facilidade de uso do carregador e conector, e como usuário é levado pelo consumidor importante para o desenvolvimento de um mercado para EVs e aceitação da tecnologia.

Conclusão do Capítulo

A tecnologia de carregamento de veículos elétricos mostra-se heterogênea e muito complexa. Os custos de aquisição de unidades de alto desempenho são muito altos. As tecnologias que são mais acessíveis são de baixo desempenho.

Alguns dos desafios que a indústria enfrenta, estão sendo contornados. Um exemplo é a infraestrutura de carregamento. Algumas empresas como o TESLA criam a própria rede onde se podem carregar os veículos elétricos.

Existem vários padrões internacionais, o que leva a crer que não existe uma única forma de produzir a tecnologia. Sendo assim, as EVCS não estão suficientemente desenvolvidas para fazer parte de um consumo de massa. Isso só será possível se a tecnologia obtiver economias de escala e puder ser produzida de forma barata e em larga escala.

Outra característica que aparece nesse mercado é a necessidade de coordenação. Pelo lado da demanda ela se apresenta pelas cargas dos veículos. Se houver carregamento descoordenado em grande escala pode causar desequilíbrios nos sistemas elétricos. Pelo lado da oferta, a necessidade de padronização tem criado coordenação de firmas do setor automobilística e órgãos internacionais. Existe, com isso, um potencial espaço para concentração de mercado.

A tecnologia de carregamento não possui um padrão claro, ela está em constante mudança. As firmas que lideram as inovações desse mercado continuam liderando as P&D em busca de uma tecnologia barata e de baixo custo possa ser massificada e a sociedade possa usufruir de seus benefícios.

CAPÍTULO 3 – Experiências Internacionais.

Introdução do Capítulo

O objetivo desse capítulo é apresentar as experiências internacionais com carregamento dos carros elétricos. O alvo de pesquisa são as pesquisas, projetos e implementações realizadas pelas instituições governamentais e privadas a respeito do mercado de carregamento de veículos elétricos. A ideia é entender a tendência tecnológica e conjecturar o futuro do mercado.

Os países selecionados foram: Noruega, EUA, Reino Unido. A escolha desses países se deu pela existência de grande quantidade de carros elétricos na frota. Porém cada um desses países tem singularidades e diferentes modos de implementação tanto dos veículos elétricos, quanto da infraestrutura de carregamento que lhe sustentaria. A Noruega, por exemplo, possui atualmente em torno de 32% de sua frota eletrificada em 2018 (Hertzke, Müller, Schenk, & Wu, 2017) e tem metas de ter sua frota em 100% elétrica até 2025 (Grant, 2015).

Foi feito também um estudo do caso do Tesla Motors. A empresa foi analisada em separado por ser uma empresa de grande porte e já conseguir exercer influência em mercados de mais de um país. Apesar de sua base de operações se situar nos EUA, já houve expansão da venda de seus produtos e serviços no Canadá, Alemanha, México, França, Inglaterra e inclusive no Brasil além de outros países. Isso já evidencia o poder de mercado da empresa. Além disso, conforme foi mencionado no capítulo 2 deste trabalho, a Tesla possui padrões de conectores próprios e características singulares de seus veículos. Atualmente, o veículo elétrico fabrica pelo Tesla são os de maior grau tecnológicos e, por consequência, os mais caros.

3.1 – Experiências de recarga dos EUA

Segundo o estudo elaborado por NEAIMEH ET AL 2017 em que eventos de mais de 62.000 recargas foram coletados de 106 carregadores com 50 kW de potência durante um período de 18 meses entre 1 de abril de 2012 e 30 de setembro de 2013 nos EUA.

Esses carregadores rápidos foram implantados como parte do *VE Project*, que foi financiado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos através do *Recovery Act* ² e parceiros do setor privado. Os carregadores rápidos foram localizados dentro e ao redor das principais áreas metropolitanas. Metade dos carregadores estava em locais que poderiam servir para viagens nas estradas. (NAIMEH ET AL, 2017)

Um carregador foi considerado capaz de servir viagens rodoviárias se fosse menos do que uma unidade de uma milha de uma rodovia. Como esses carregadores também localizados em áreas metropolitanas, espera-se que sejam utilizadas para mistura de viagens locais e viagens rodoviárias, mas a proporção exata de cada um é desconhecida. Qualquer pessoa com um BVE capaz de carregar rapidamente pode usar os carregadores. Cada transação de carregamento coletados da rede de carga rápida dos EUA continham informações a hora de início de um evento de carga, duração e energia transferida. (NAIMEH ET AL, 2017)

Dois projetos foram liderados tanto por instituições governamentais americanas quanto setores privados foram desenvolvidos: *ChargingPoint America* e *VE Project*. No primeiro, foi incluída mais de 4.600 estações de carregamento e 2 residenciais e públicas. As atividades de coleta de dados e relatórios do projeto ocorreram de maio de 2011 até Dezembro de 2013. Já no segundo projeto a implantação incluiu 12.000 unidades de carga e 2 residenciais e públicas, mais de 100 *fast-charges*, 8.000 VEs. (INL , 2015)

A coleta de dados e relatórios do *VE Project* ocorreu de janeiro de 2011 até Dezembro de 2013. Os projetos tinham como objetivo:

1. Estabelecer um mercado de estudo
2. Fazer um *Benchmark* de comportamento para carregamento e de direção dos carros
3. Fazer um *Benchmark* de instalação e uso das estações de carregamento
4. Entender o impacto do carregamento de EVs na rede elétrica

A ideia dos dois projetos era fornecer recursos independentes e descobertas para os inúmeros interessados necessários para o avanço do mercado de EV. Firms do setor automobilísticas, reguladores e formuladores de políticas públicas, e consumidores privados.

² Recovery Act foi um pacote de estímulos para a economia americana. Para maiores informações consultar (111th Congress, 2009).

Usando dados que descrevem 126 milhões de milhas e 6 milhões de eventos de carregamento de mais de 8.000 VEs e 17.000 estações de carregamento, os dados do *Charging America* e *VE Project* permitiram caracterizar pontos de acesso existentes e modelo de comportamento de escolha de carga para entender onde a nova infraestrutura implantações deve ser focada. (INL , 2015)

Esses projetos levaram a conclusões que podem evidenciar a tendência do mercado do setor de carros elétricos. A primeira delas é a de que apesar da necessidade de infraestrutura de carregamento público ser grande, a maioria dos carregamentos era feitos em residências ou no trabalho. A maioria dos motoristas que carregavam longe de casa usando unidades de carregamento de Nível 2 favorecia três ou menos locais, sendo um deles o local de trabalho. A maioria das estações públicas de carregamento de nível 2 era raramente usada, mas uma pequena minoria era usada extensivamente. (INL , 2015)

Em relação ao carregamento longe de casa, outras conclusões puderam ser tiradas. A primeira delas é a de que os motoristas que utilizaram as estações de carregamento fora de casa aumentaram seu percurso em até 72%. Mesmo se os condutores não precisassem carregar para chegar a casa, os motoristas de veículo elétricos tendiam a dirigir por um percurso maior quando o faziam. (INL , 2015)

Um número limitado de motoristas de BVE pode conduzir 2 a 3 vezes mais longe do que o seu alcance de carga única usando carregadores rápidos ao longo das estradas. No entanto, a maioria dos motoristas não carregava muito de casa; portanto, o benefício geral para o aumento do percurso era pequeno. (INL , 2015)

Os projetos também tiraram conclusões a respeito de um carregamento no local de trabalho. O carregamento no local de trabalho é altamente utilizado, às vezes até mais do que o carregamento em casa. Os condutores com acesso a carga em casa e no trabalho raramente carregam em outros locais. (INL , 2015)

Além disso, os projetos concluíram também que a carga não controlada de veículos elétricos na demanda de pico sobrepõe períodos de alta demanda do sistema em algumas áreas. Portanto, a oportunidade é propícia para o gerenciamento da demanda usando o carregamento inteligente. (INL , 2015)

3.2 – *Experiências de recarga do Reino Unido*

A fim de entender o comportamento de carregamento de veículos elétricos, foi feito um estudo com mais de 30.000 eventos de carga rápida foram coletados de 51 carregadores rápidos durante um período de 17 meses entre julho de 2014 e novembro 2015 no Reino Unido. Esses carregadores rápidos fazem parte do projeto *Rapid Charge Network* (RCN) que foi financiado pela Comissão Europeia (INEA, 2015) com o objetivo de cobrir as redes europeias de transportes.

A localização dos carregadores rápidos foi determinada para garantir que estradas europeias estratégicas através do Reino Unido e na Irlanda são cobertos com uma infraestrutura de carregamento. 76% dos carregadores RCN foram instalados nas estações de serviço da autoestrada com os restantes pontos instalados em postos de combustível, aeroportos, portos marítimos, parques e passeios, hotéis e grandes lojas de varejo para permitir uma rota totalmente conectada mais de 1000 km. Os carregadores rápidos eram acessíveis a qualquer pessoa com um BVE e um cartão de acesso. Dados coletados de cada transação de cobrança continha informações sobre a hora de início de um evento de cobrança, duração e energia transferida durante a transação. (NAIMEH ET AL, 2017)

As estações de carregamento RCN estão equipadas com a inovadora tecnologia de carregamento rápido, combinando o CHAdeMO e CCS de 44kW e 43 kW numa estação de carregamento facilmente acessível. A atividade 6 do projeto RCN é responsável por todos os aspectos da compreensão do uso e impacto da infraestrutura de carregamento RCN instalada. A principal área do estudo inclui o uso, atitudes e necessidades dos motoristas de VE em relação a uma rede de carga rápida; preditiva análise do uso futuro da rede; comportamento detalhado de carregamento e condução de certo número de VE usuários e sua percepção e pontos de vista sobre o uso de EV, quaisquer barreiras que percebam e hábitos de condução; o impacto ambiental e a viabilidade comercial de uma carga rápida rede. (RCN, 2015)

A chave do estudo foi à especificação e coleta de dados quantitativos e qualitativos que foi analisado para compreender o comportamento de carregamento e condução de usuários VE e seu uso da rede RCN. Além de coletar dados dos encargos rápidos, a Atividade 6 solicitou Motoristas de VE participarem, seja preenchendo questionários, concedendo acesso ao carro dados eletrônicos ou por voluntariado para ter um registrador de dados instalado em seu carro. A resposta foi notável e mais de 200 motoristas de VE expressaram seu interesse em participar do projeto RCN. (RCN, 2015)

Mais de 500 entradas de pesquisa foram analisadas. Estas foram coletadas de 3 questionários on-line com 299 indivíduos únicos participando no total. 40 veículos elétricos de usuários que vivem perto da rede RCN foram equipados com registradores de dados. Os dados foram coletados entre Fevereiro e dezembro de 2015 e mais de 51.000 eventos de condução e 11.500 eventos de carregamento foram capturados. Isso equivale a mais de 521.000 km de percurso e 97 MWh de energia transferida. Mais de 47.000 transações de rede RCN foram processadas de 51 estações de recarga entre Julho de 2014 e novembro de 2015 (RCN, 2015)

O resultado obtido a respeito da visão geral do comportamento de carregamento e condução de RCN 2015 será descritos aqui. Os testes do registrador de dados permitiu entender o comportamento geral de carregamento de usuários VE e ajudou a entender o compartilhamento de uso e o papel que os carregadores rápidos desempenham. 11.500 eventos de cobrança foram coletados durante o período e de 10 meses e levantou-se o comportamento dos usuários no julgamento. Percebeu-se que os usuários confiam na recarga residencial com mais de 70% da energia total destinada a carregar EVs. No entanto, ao carregar em público sua preferência é para carregadores rápidos. 15,9% da sua energia total são transferidas a *fast-chargers*. 3,5% são transferidos para outros locais de carregamento público. (RCN, 2015)

Um Evento diário corresponde a um dia e motorista únicos. Foram separados dois grupos: o primeiro sem utilização de *fast-chargers*, e o segundo com no mínimo uma vez utilizado. Apenas 12% dos eventos diários tiveram a utilização de *fast-chargers*, e pode-se notar que apenas este grupo teve eventos acima de 200 km por dia. A maioria dos eventos, 88% deles, não fizeram uso de carregamento rápido. (RCN, 2015)

A relação entre a distância de condução e o número de eventos de carregamento rápido pode ser também fortemente identificada ao agregar ao longo de meses. A análise da Atividade 6 foi a respeito da importância de carregadores rápidos para permitir que os condutores de VE viagem distâncias mais longas e aumentar o alcance de condução. 72% dos participantes do questionário online responderam que iriam mais longe com carregadores rápidos. (RCN, 2015)

3.2 – Experiências de recarga da Noruega

A Noruega tem um conjunto de políticas públicas de incentivos quanto ao uso de EV. Muitos dos incentivos datam dos anos 90. A ideia dos incentivos era fomentar a indústria VE em

vigor. Depois que a indústria de VE local quase desapareceu, o raciocínio por trás dos incentivos mudou gradualmente para as emissões locais e globais. (LORENTZEN ET AL, 2017)

A política pública norueguesas tem como objetivo o desenvolvimento de uma infraestrutura básica de recarga. O projeto esquema de apoio governamental da Noruega para infraestrutura de recarga pública ocorreu em 2009-2010. O incentivo foi parte de um pacote de estímulo financeiro após a crise fiscal de 2008 e financiou 100% do custo de instalação para carregadores normais, até 30.000 coroas norueguesas por ponto de carregamento. O apoio total ascendeu a 50 milhões de coroas norueguesas e o resultou em cerca de 1800 pontos de apoio espalhados por todo o país. (LORENTZEN ET AL, 2017)

Muitos desses pontos ainda podem ser usados, mas vários também foram retirados de serviço devido aos altos custos de manutenção. As estações de recarga provaram não ser idealmente adequados para a carga de VE de longo prazo. Atualmente, as estações públicas de recarga novas e atualizadas são, em sua maioria, nível. 2. Em junho de 2017, o número de terminais de recarga disponíveis publicamente era de cerca de 4400, enquanto o número de pontos do tipo 2 era de cerca de 2700. (LORENTZEN ET AL, 2017)

O apoio governamental para estações de carregamento rápido foram executados de 2010 a 2014 e totalizaram cerca de 50 milhões de coroas norueguesas. O projeto de suporte suportou até 100% dos custos de instalação, semelhante ao que ocorreu no caso de carregadores de níveis 1 e 2, porém, nenhum incentivo foi dado aos custos operacionais. Houve poucas, mas crescentes demandas relacionadas à localização das estações de recarga. Desde o início, o critério era que as estações de carregamento estivessem preparadas para soluções de pagamento, com um prazo para que os sistemas de pagamento tivessem que estar operacionais. Não havia sistema de pagamento nacional, e os operadores de carregamento responsáveis pela introdução de suas próprias soluções de pagamento. As primeiras rodadas de suporte para estações de carregamento rápido resultaram em vários operadores de carga solicitando financiamento. Muitos dos operadores foram originados de empresas de serviços públicos locais. (LORENTZEN ET AL, 2017)

A partir de 2015, a empresa estatal Enova introduziu um projeto com o objetivo de cobrir as principais estradas norueguesas com estações de *fast-chargers* a cada 50 km. Para reduzir o risco de as estações de carregamento estar fora de serviço e reduzir as despesas, todos os

locais teriam pelo menos dois carregadores rápidos padrão CHAdeMO, CCS e Type2. (LORENTZEN ET AL, 2017)

A rede de estradas é dividida em vários segmentos menores e as operadoras competem por financiamento público. Todas as estações são de propriedade e/ou operadas pelos operadores de carga. Muitos dos operadores de carregamento rápido também se preparam para carregadores rápidos adicionais para serem instalados em um estágio posterior. A rede deve estar operacional até o final de 2017. (LORENTZEN ET AL, 2017)

LORENTZEN ET AL 2017 notam uma tendência crescente de que as operadoras de estão construindo estações de *fast-chargers* sem suporte público, especialmente nas grandes cidades e ao longo das principais rodovias. Os projetos de suporte, complementados por um número crescente de pontos sendo construídos sem suporte, resultaram em um número crescente de pontos de carregamento rápido. Em junho de 2017, essa infraestrutura de carregadores na Noruega, de acordo com LORENTZEN ET AL 2017, totalizava:

1. 648 pontos CHAdeMO
2. 595 pontos CCS
3. 47 pontos Type2
4. 246 *Superchargers* TESLA

Na Noruega, os dois operadores nacionais de carregamento são Fortum Charge & Drive e Grønn Kontakt. Ambas têm um modelo de pagamento para *fast-chargers*, em que os clientes pagam por minuto de carregamento, independentemente de quantos kWh o carro recebe. O pagamento por 50 kW de carregamento rápido começa em 2,50 coroas norueguesas por minuto. Isso resulta em um preço de 3 a 5 coroas norueguesas por kWh dependendo da velocidade real de carregamento. Em casa, os usuários de VEB pagam cerca de 1 coroa norueguesa por kWh, com todos os impostos e taxas incluídos, tornando o carregamento rápido comparativamente mais caro.

A maioria dos usuários prefere o pagamento por kWh porque o efeito de carregamento pode diferir substancialmente com base no estado de carga, temperatura da bateria e no carregador *on-board* de diferentes modelos EV. Isso resultou em um debate sobre o modelo de preços e preços para carregadores rápidos. O pagamento por kWh aumentará o risco de filas porque o

proprietário dos veículos não tem um incentivo para mover o carro quando a carga for lenta. Com a distribuição de efeito dinâmico entre os carregadores, o melhor modelo provavelmente será o pagamento com uma combinação de tempo e kWh, semelhante às taxas de táxi com uma combinação de tempo e km. (LORENTZEN ET AL, 2017)

A Associação Norueguesa de VE realizou uma pesquisa em 2017 entre os proprietários de produtos VE noruegueses. Houve cerca de 12.000 entrevistados com proprietários de VE de toda a Noruega. Várias das questões dizem respeito ao comportamento de recarga. Foram separados os entrevistados em dois grupos com base no que tipo de moradia eles moram, em apartamentos ou casas. A tabela 1 mostra o comportamento de usuários quanto ao carregamento. (LORENTZEN ET AL, 2017)

Tabela 1 – Questionário para usuário de VE noruegueses

Pergunta do questionário: com que frequência você carrega seu veículo?

		Casa	Apartamentos
Na Residência	Diariamente ou semanalmente	97%	64%
	Mensalmente	3%	36%
No Trabalho	Diariamente ou semanalmente	36%	38%
	Mensalmente	64%	62%
Em Estações Públicas de Recarga	Diariamente ou semanalmente	11%	28%
	Mensalmente	89%	72%
Em <i>fast-chargers</i>	Diariamente ou semanalmente	12%	18%
	Mensalmente	88%	82%

Adaptação de uma tabela com as mesmas informações presentes em LORETZEN ET AL 2017

Como mostra a tabela, os proprietários de VE que moram em moradias isoladas carregam mais em casa do que os que moram em prédios. Já os moradores de apartamentos tendem a carregar seus veículos em estações públicas com maior frequência. Também notamos que a maioria dos usuários de VE não cobra nada semanalmente. O carregamento normal enquanto o carro está estacionado é, em outras palavras, o método de carga dominante. No entanto, o carregamento rápido é crucial quando necessário, por exemplo, em viagens mais longas. *Fast-chargers* também funcionam como uma importante “rede de segurança” para o uso diário. A experiência norueguesa mostra que há um número substancial de potenciais usuários iniciais que comprarão VEs mesmo sem uma rede abrangente de *fast-chargers*. A maioria dos usuários tem preferência clara por carregarem os veículos em casa. (LORENTZEN ET AL, 2017)

3.2 – O Caso da Rede Tesla Supercharger

Nos Estados Unidos, a empresa TESLA Motors tem sido uma das pioneiras uma das empresas que mais inovam no setor de carros elétricos. Recentemente, tem chamado à atenção a rede que criou para recarga de veículos elétricos.

A rede Tesla *Supercharger* de estações de carregadores de nível 4 foi criada a partir de 2012, e expandida desde então. A partir de outubro de 2018, a rede de veículos elétricos consistiu de 11.234 estações *supercharger* individuais em 1.359 locais diferentes em todo o mundo. (TESLA, 2018d)

Em 2016, a Tesla tomou medidas para focar o uso da rede para fazer viagens mais longas. Uma taxa ociosa é cobrada por continuar ocupar uma estação de recarga sobre alimentação após o carregamento ter sido concluído. (TESLA, 2018c)

No final de 2017, a Tesla mudou a tática para lidar com *ridesharing*, táxi e uso governamental da rede pública do *Supercharger*. A nova política isenta de taxas o carregamento para esse grupo. Em abril de 2017, a Tesla tinha planos de expandir a rede para 15.000 estações. (OHNSMAN, 2017)

A maioria dos Superchargers é propriedade da Tesla, mas algumas estações são de terceiros com, por exemplo, de frotas para carregar seus carros da Tesla, como os táxis. Estes carregadores são limitados a 60 kW. A carga no Superchargers terá uma taxa, mas a um preço inferior do que abastecimento de gás natural em um veículo ICE. (TESLA, 2017)

As estações Supercharger permitem que os veículos da Tesla sejam carregados rapidamente na rede em uma hora. Segundo a própria empresa, em dezembro de 2018, existiam 1.386 estações *Supercharger* com 11.583 unidades de carregamento. A maior parte do carregamento ocorre em casa ou trabalho, uma situação que os representantes da firma compararam ao carregamento de telefone celular. (TESLA, 2018a)

A figura abaixo apresenta a distribuição das estações de carregamento da Tesla:

incentivos de países para a renovação da frota estão levando as pessoas a trocarem veículos ICE por EV. Com uma renovação maior da frota haveria maior demanda por carregamento. A atual demanda do consumidor evidencia um alinhamento não por uma manutenção do comportamento atual como ocorre nos combustíveis, mas sim uma mudança.

CAPÍTULO 4 – Análise de Fluxo de Caixa

Introdução do Capítulo

O objetivo desse capítulo é fazer uma análise financeira a fim de verificar a possibilidade de existir uma possibilidade de sucesso de um modelo de negócio de varejo de energia elétrica semelhante ao que ocorre com os combustíveis. Na primeira parte do capítulo a análise será um modelo de fluxo de caixa dois cenários diferentes. Na segunda parte do capítulo será uma análise do ponto de vista do usuário de um veículo elétrico.

O primeiro cenário considerará o preço da aquisição da energia em função do custo equivalente da gasolina. Já o segundo cenário, considerará o preço de aquisição de energia equivalente à tarifa residencial.

Por carregamento comercial entende-se o carregamento dos veículos realizados em uma pessoa jurídica, em uma instalação já existente, na qual a atividade econômica principal seja o carregamento ou abastecimento de veículos automotores. O serviço do carregamento inclui a venda da energia elétrica mediante uma dada tarifa, sendo definida pelo mercado ou regulador. Nesse tipo de atividade comercial, necessariamente deve ser realizada em postos de combustíveis, postos de carregamentos ou em estações fornecidas por empresas que exerçam esse tipo de atividade econômica.

Já o entendimento de carregamento não comercial é o carregamento realizado sem transações financeiras pelo serviço diretamente, podendo ser realizado em qualquer tipo de instalação, seja ela comercial ou não. Nesse tipo pode-se incluir o carregamento residencial, carregamento no trabalho, carregamento em locais públicos e outros.

Conforme já mencionado no capítulo 2 deste trabalho, existem vários tipos de carregadores. Os tipos que serão analisados aqui são:

- a. Carregador de Nível 4 de Corrente Contínua
- b. Carregador de Nível 3 de Corrente Contínua
- c. Carregador de Nível 3 de Corrente Alternada

d. Carregador de Nível 2 de Corrente Alternada de uso Público

e. Carregador de Nível 2 de Corrente Alternada de Uso Residencial

As informações financeiras e técnicas referentes a esses carregadores podem ser consolidadas na tabela 2. Os dados foram retirados de Schroeder & Traber 2012, sendo que os valores financeiros foram convertidos para Real brasileiro, cuja taxa cambial foi de 4,3802 em relação ao Euro no dia de 30 de Novembro de 2018.

Tabela 2 – Informações sobre custo de estações de carregamento de VE

Descrição de informações	Nível 4 CC	Nível 3 CC	Nível 3 CA	Nível 2 CA (Pública)	Nível 2 CA (Residencial)
CAPEX					
Obras civis/Sistema Elétrico	87.604	65.703	43.802	4.380	-
Custo Material	262.812	175.208	175.208	8.760	2.190
Custo do Transformador	153.307	153.307	-	-	-
OPEX					
Manutenção	26.281	17.521	17.521	876	219
Depreciação	50.372	39.422	21.901	1.314	219
Dados Técnicos					
Vida Útil (anos)	10	10	10	10	10
Load Limit (Volt)	2000	500	400	230	230
Load Limit (Ampere)	125	125	96	16	16
Potência Máxima	250	62,5	50	3,6	3,6
Duração de uma carga de 20 kWh (min)	5	19	24	333	333
Número máximo de cargas de 20kWh em um EV por dia	288	75	60	4	1

Adaptado de Schroeder & Traber 2012

Pode-se perceber a heterogeneidade tecnológica no processo de eletrificação da mobilidade urbana. Os carregadores de nível 4 e nível 3 são de Corrente Contínua. Para o modelo de negócio de varejo de energia elétrica para veículos elétricos funcionar de forma semelhante existe a necessidade do fluxo de energia ser constante. A tecnologia de corrente alternada não é capaz de fornecer essa exigência, justamente pela característica inata de seu fornecimento ser variável. Sendo assim será adotado como hipótese do modelo que os carregadores de Corrente Contínua sejam os que serão usados comercialmente, enquanto os carregadores de corrente alternada sejam utilizadas para carregamento não comercial.

Em relação às variáveis financeiras podem ser mencionados o CAPEX (Despesas de Capital, do inglês *Capital Expenditure*) e o OPEX (Despesas Operacionais, do inglês *Operational Expenditure*). A primeira representa os custos fixos, que são realizados antes de iniciar a atividade econômica e não são mais realizados. Já o segundo são gastos operacionais do

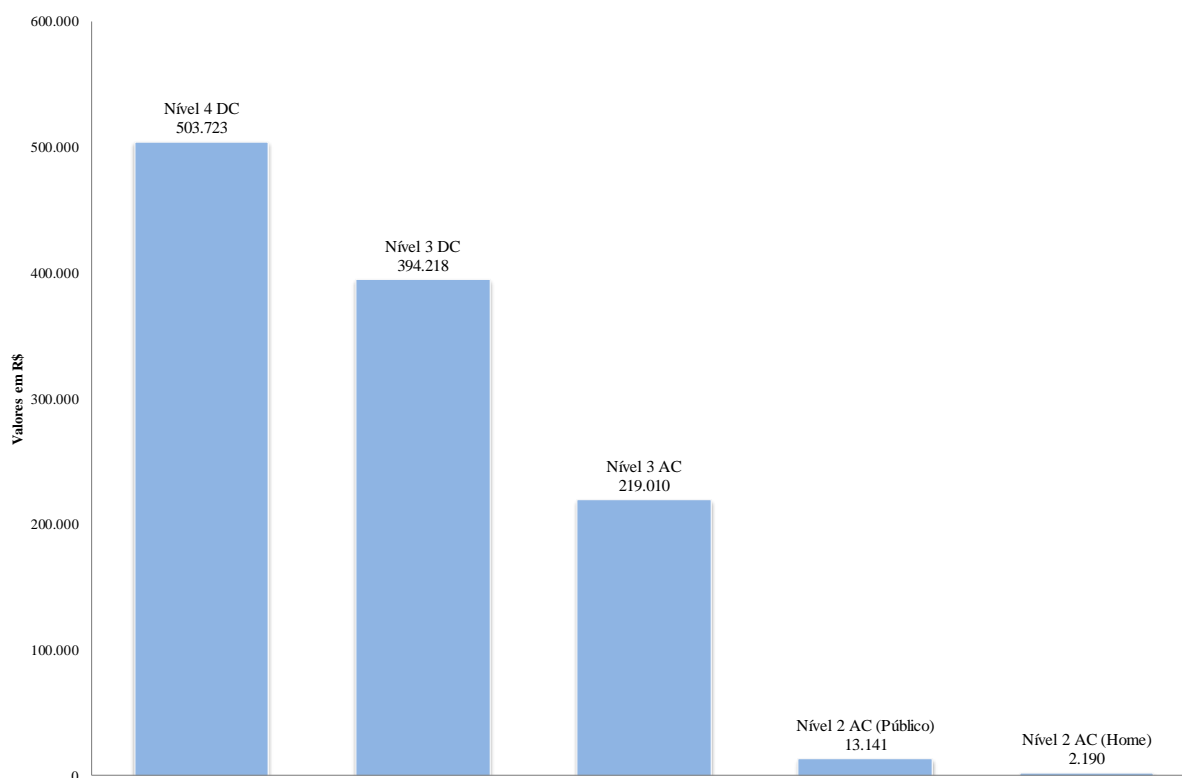
cotidiano decorrentes da própria realização da atividade, também chamados de custos variáveis.

O CAPEX, nesse modelo, o custo material do equipamento, o custo de eventual transformador e o custo de obras e reformas do sistema elétrico para a exploração econômica. Já o OPEX inclui três tipos de despesas: despesas com energia, depreciação e gastos com manutenção. O primeiro será dado pela tarifa elétrica vezes a quantidade de energia contratada. O segundo item foi considerado 10% do valor do CAPEX total ao ano. Em relação aos gastos com manutenção foi adotada a metodologia de cálculo de SCHRÖDER-TRABER 2012 que corresponde a 10% do custo material ao ano. Outras variáveis da definição de OPEX foram desconsideradas por conta da hipótese do modelo considerar somente a atividade de carregamento de veículos elétricos, excluindo eventuais economias de escopo com outras atividades econômicas das empresas prestadora do serviço.

A informação dos custos das tecnologias de recarga é proveniente do exterior. Elas , segundo os autores Schröder-Traber, são apenas estimativas, não sendo acessíveis os valores exatos. As informações das quais os autores buscaram as informações foram variadas, incluindo firmas que fabricam os carregadores. Como não é interesse dessas firmas expor suas estruturas de custos, esses valores não são expostos em exatidão. Muitas vezes valores são representados em ordens de grandezas.

Portanto, o estudo feito tem a limitação de não ser acurado e preciso. O objetivo do estudo é verificar a possibilidade de continuidade do modelo de negócio de varejo de energia para veículos automotores elétricos nos moldes do modelo que atende aos veículos de combustão interna. As informações aqui presentes serviram de base para conjecturar uma situação financeira de uma firma ou de uma pessoa física.

O gráfico abaixo mostra um benchmarking entre o CAPEX dos carregadores.

Gráfico 3 - Benchmarking de CAPEX entre Tipos de Carregadores

Pode-se perceber que os carregadores de Corrente Contínua de níveis 4 e 3 são os mais dispendiosos. Seus valores ultrapassam R\$ 500 e R\$ 300 mil, respectivamente. Portanto, não é acessível à maioria dos usuários de carros elétricos. Esses são preferíveis para a exploração comercial devido a sua eficiência supracitada na tabela acima.

Já o carregador de nível 3 de corrente alternada, apesar de ser custoso, não é acessível à maioria dos consumidores, porém pode ser utilizada em outros tipos de negócios diferentes de varejo de energia e combustíveis. Um exemplo poderia ser a utilização em serviços de estacionamento, a qual a atividade principal é guardar os veículos, porém, seria realizado o serviço de carregamento. Porém, apesar de ter potencial como serviço secundário, não tem potencial no serviço de varejo de energia para EV. O fato de sua corrente alternada não traz a rapidez no serviço de recarga. Isso o torna pouco eficiente para essa atividade.

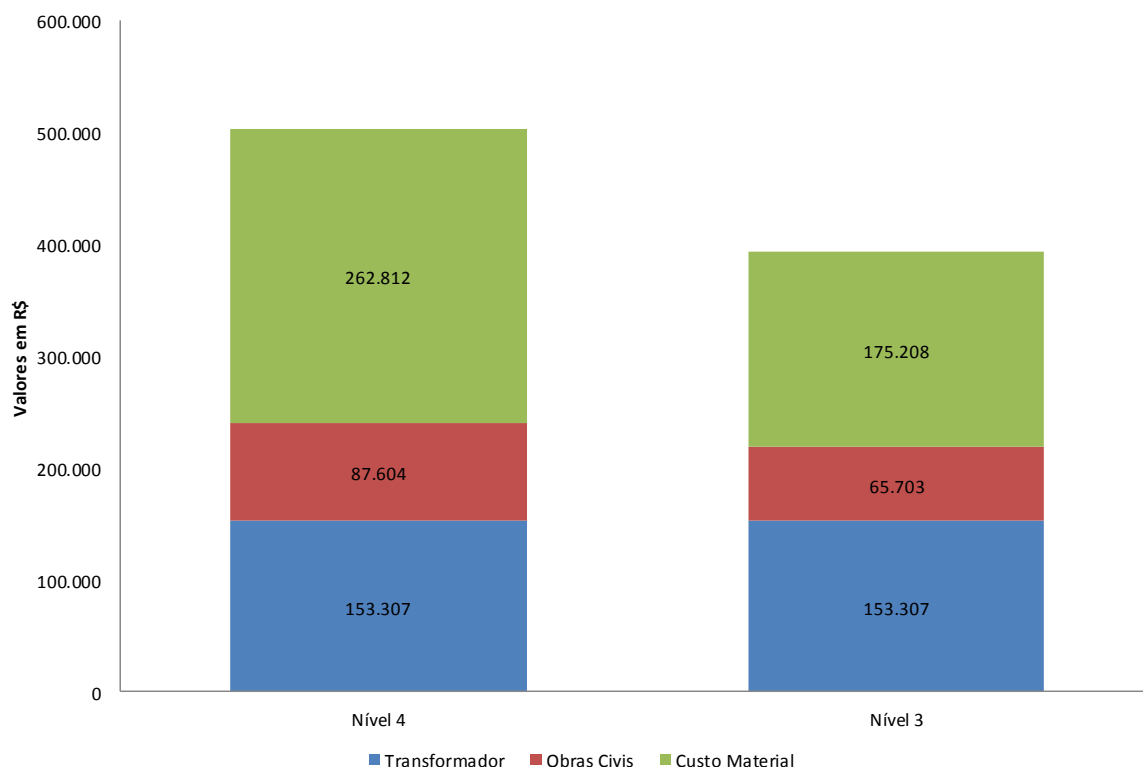
Com relação aos carregadores de níveis 2 de corrente alternada tanto públicos quanto residenciais o custo é menor, porém, menos eficientes. Logo, não servem para o serviço de varejo, nem para serviços secundários. Todavia, são acessíveis ao consumidor particular de VE (no segundo caso), e para pessoas jurídicas e locais públicos que se desejam instalar os equipamentos de carregamento elétrico.

Um consumidor de varejo de energia automotiva demanda rapidez na aquisição da mesma. Portanto, mais de 20 minutos não seria desejável para que essa tecnologia seja aceitável no varejo de energia automotiva. Logo, os carregadores de níveis 3 já são questionáveis a serem empregados nesse modelo de negócio. Entretanto, existem evidências empíricas de que são empregados em varejo de energia, abrindo a possibilidade de existir situações que não sejam usados para carregar completamente um veículo.

A fim de padronizar o número de cargas e evitar potenciais conflitos, pois os diferentes modelos de veículos demandam diferentes quantidades de energia, nesse estudo será considerado que um carregamento veicular equivale a 20 kWh. Essa carga em uma bateria de carro elétrico, segundo CHAdeMO 2011, é suficiente para fazer qualquer carro elétrico se deslocar por 140 km, aproximadamente. Logo, independentemente do marca do veículo em posse do indivíduo, a distancia por ele percorrida será grande o suficiente para se deslocar por uma metrópole de grandes dimensões.

Em relação às despesas do cotidiano, o gráfico abaixo faz um benchmarking com os níveis de despesas anuais. Para a despesa de energia foi considerada uma recarga por dia de 20 kWh por um período de um ano, considerando o preço da energia por kWh numérico.

A partir dos valores já mostrados na Tabela 2, foi decomposto o CAPEX em custo material, custo do transformador e obras civis. Abaixo segue um gráfico comparativo entre as variáveis das duas tecnologias:

Gráfico 4 – Decomposição do CAPEX

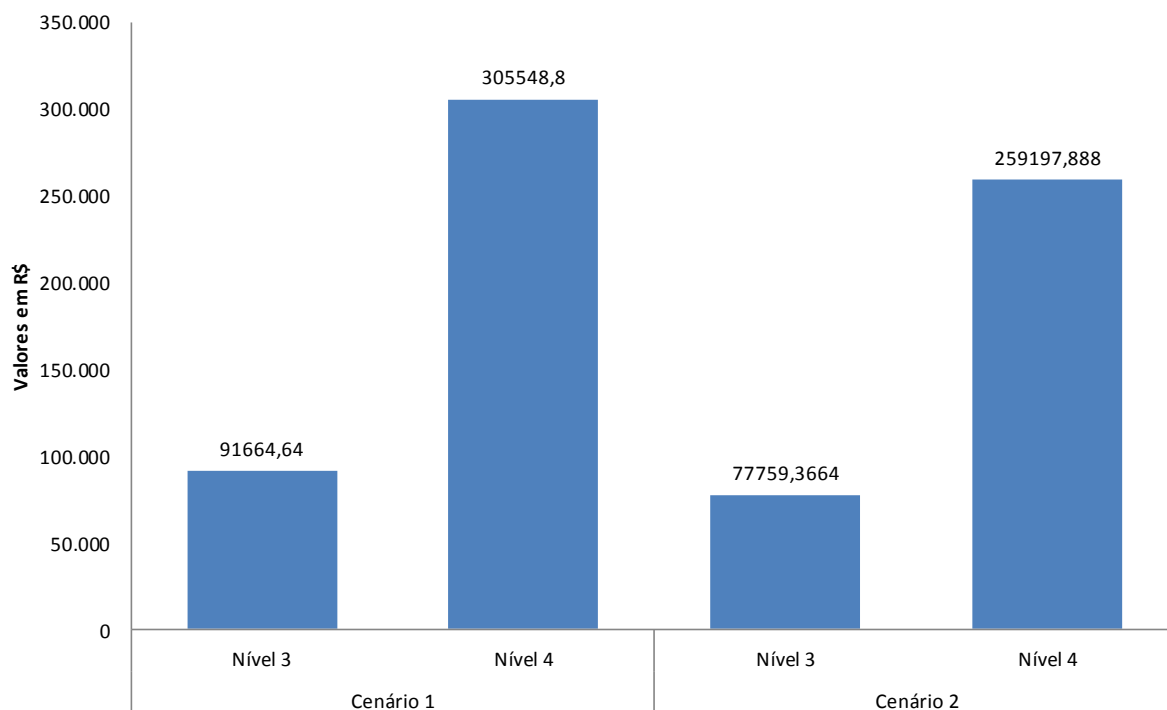
Pode-se perceber que o nível de investimento em transformador é igual para ambos. A diferença reside em obras civis e no custo do material. O último, que equivale 80% da diferença, se explica pelo diferencial tecnológico de eficiência entre os equipamentos, enquanto um consegue carregar em apenas 5 minutos, o outro o faz em 19 minutos. A outra grande diferença entre ambos está em obras civis. As adaptações necessárias para instalar esses equipamentos em uma área são grandes se observados os valores. A diferença chega a R\$ 21.901, o que corresponde a 20% da diferença de CAPEX. Isso significa que há muitos custos em infraestrutura elétrica e adaptações.

Sendo assim, percebe-se que quanto mais tecnologia existe, mais caro é o seu custo. Mesmo com rentabilidade alta, empresas pequenas teriam dificuldade em arcar com essas despesas. Dessa forma, é mais fácil para grandes empresas com maior poder financeiro conseguir arcar com esses custos em larga escala. Assim, o negócio que surgiria desse tipo de varejo de energia automotiva tende a ser concentrado em grandes empresas que já existem no mercado e não penetrar no mercado de através da difusão por pequenas empresas.

O CAPEX entre ambos apresenta diferenças significativas. O OPEX também Possui diferenças que requerem uma análise. Como, dentro da metodologia aqui aplicada as despesas de manutenção e depreciação são funções do CAPEX, as diferenças já foram explicadas

acima. Porém as despesas com energia não variam em funções de variáveis do CAPEX. O Quadro abaixo possui os custos de energia das duas tecnologias em ambos os cenários:

Gráfico 5 - Custo de Aquisição de Energia para cada Tecnologia



Os custos de energia anual mostrado acima são díspares entre as tecnologias. No carregador de nível 4 as despesas são altas devido à quantidade de vendas potenciais de recargas. Nota-se que o gasto com energia difere do nível 4 para o nível 3 em R\$ 213.884 no cenário 1 e R\$ 181.439. Essa diferença é explicada pelo potencial de vendas dos carregadores de nível 4, que são capazes de realizarem 240 recargas, enquanto os de nível 3 somente conseguem realizar 72 recargas.

4.1 Análise da Oferta

Uma firma do setor de varejo de energia automotiva precisa investir um capital a fim de iniciar suas atividades econômicas. Se ela está visando integrar-se com as novas tecnologias, ela precisaria adquirir os carregadores. Conforme já mencionado anteriormente, se a

exploração econômica principal for o varejo de energia elétrica automotiva a firma tem a tendência de preferir carregadores de Corrente Contínua.

Um dos problemas atualmente existentes no mercado de carros elétricos é a *range anxiety*. Sem haver muitos carros, é difícil investir em infraestrutura de recarga. Porém, sem essa existir não tem como ampliar a frota elétrica. Além disso, os veículos elétricos são demasiadamente caros em comparação com os veículos tradicionais. (FGV, 2017)

Sendo assim, deve-se considerar que não estamos em um paradigma tecnológico diferente, e sim em transição. Atualmente, existem majoritariamente veículos movidos à combustão interna. Poucos são usuários de veículos elétricos.

Assim, não se pode considerar na análise financeira que haja uma frota 100% elétrica. É verossímil utilizar uma frota hipotética de 40% de frota elétrica, na qual possa ser considerado um estágio intermediário entre ambos os paradigmas tecnológicos. Alguns países, como a Noruega, já possuem uma parcela de frota elétrica nessa ordem de grandeza.

Em relação aos impostos sobre as atividades econômicas, o estudo a seguir adotou a legislação trabalhista: o PIS, COFINS e ISS incidem na receita bruta, correspondendo a 2%, 8% e 5% dela, respectivamente; já a alíquota de contribuição social e de imposto de renda corresponde a 9% e 25% respectivamente.

Abaixo a tabela 3 resume as hipóteses utilizadas na análise:

Tabela 3 - Resumo de Hipóteses

Hipóteses	Tipo de Carregador	Cenário 1	Cenário 2
Frota Elétrica			
	Nível 3	40%	40%
	Nível 4	40%	40%
Tarifa de Venda de Energia Elétrica			
	Nível 3	2,18	0,86169
	Nível 4	2,18	0,86169
Tarifa de Aquisição de Energia Elétrica			
	Nível 3	0,40443	0,36986
	Nível 4	0,40443	0,36986
Alíquota PIS			
	Nível 3	2,0%	2,0%
	Nível 4	2,0%	2,0%
Alíquota COFINS			
	Nível 3	8,0%	8,0%
	Nível 4	8,0%	8,0%
Alíquota ISS			
	Nível 3	5,0%	5,0%
	Nível 4	5,0%	5,0%
Tempo entre recargas (min)			
	Nível 3	1	1
	Nível 4	1	1
Tempo de Recarga (min)			
	Nível 3	19	19
	Nível 4	5	5
Número máximo de cargas de 20 kWh em um VE por dia			
	Nível 3	72	72
	Nível 4	240	240

4.1.1 Cenário 1

O modelo de fluxo de caixa abaixo foi separado em dois tipos de carregadores: carregador de nível 4 e nível 3 de Corrente Contínua. Foi considerada a aquisição de somente uma unidade de carregador e suas respectivas adaptações estruturais.

Assim como proposto em ANEEL 2017, a estrutura tarifária utilizada para simulação foi à fixação do preço por kWh em função do custo equivalente da gasolina: R\$ 2,18; esse se originou de parâmetros conservadores de R\$ 4 por litro de gasolina e autonomia de 10 km por litro de gasolina. O custo da energia para a empresa foi fixado em R\$ 0,40443 por kWh, tarifa B3 de uma grande distribuidora.

Cenário 1

[illegible]

A taxa interna de retorno foi no valor de 121,53%. Isso significa que, adquirindo uma unidade dessa tecnologia, haverá um retorno do 121,53% sobre o investimento inicial em valores presentes. Isso mostra que é um investimento, *ceteris paribus*, rentável.

Inicialmente, o valor necessário de investimento seria de R\$ 503.723. Esse valor corresponderia ao total do CAPEX que seria necessário para instalar uma unidade de um carregador nível 4. Ao longo de 10 anos, seriam gastos R\$ 26.281,20 no total em despesas operacionais por ano. Em relação à energia seria gastos anualmente R\$ 305.548,80, o que corresponde ao maior gasto em relação aos custos variáveis.

Apesar do seu custo de implantação e de operação, a receita líquida desse investimento seria de R\$ 1.310.040,48 por ano. Anualmente, o empreendimento lucraria R\$ 612.373,20 por ano. Ao mês, esse valor corresponderia a R\$ 51.031,10, já descontado os impostos.

Além disso, quando se analisa o indicador *payback*, pode-se notar que em apenas 1 ano já seriam recuperados o investimento inicial. Ao final da atividade serão adquiridos, em valores presentes com uma taxa de desconto de 10%, R\$ 2.962.768,38.

As informações técnicas apresentadas na tabela anterior desses mesmos capítulos informam que o equipamento de nível 4 pode realizar em 5 minutos uma recarga de 20 kWh. Portanto, por dia haveria um máximo de 240 recargas, considerando 1 minuto de intervalo entre uma recarga e outra. Isso favorece o modelo de varejo de energia automotiva, na medida em que se aproxima do tempo entre um abastecimento de combustíveis. Considerando que uma empresa que atua no varejo de energia em média atenda 1260 veículos, e que no paradigma tecnológico intermediário que 40% da frota sejam veículos elétricos totalizando 504 carros, uma única unidade seria capaz de atender em torno de 50% da demanda do posto. A adição de mais unidades poderia tornar o negócio mais eficiente. Portanto, poderá ser rentável de forma semelhante em uma situação real se as condições tarifárias fossem atendidas.

Se as mesmas hipóteses forem aplicadas ao investimento de uma unidade de carregador de nível 3 de Corrente Contínua, o resultado será diferente. Ele ainda será rentável, porém, não na mesma proporção que a simulação anterior como se verifica na tabela baixo.

Cenário 1

[illegible]

O montante de investimento necessário inicial é de R\$ 394.218. Esse valor corresponderia ao total das despesas de capital que seria necessário para instalar uma unidade de um carregador nível 3. Ao longo de 10 anos, seriam gastos R\$ 17.520,80 no total em custos operacionais por ano.

O custo de sua implantação e de operação é alto, porém, sua receita líquida desse investimento seria de R\$ 393.012,14 por ano. Anualmente, o empreendimento lucraria R\$ 161.307,24 por ano. Ao mês, esse valor corresponderia a R\$ 13.442,27 ao mês, já descontado os impostos.

Quando se analisa o indicador *payback*, pode-se notar que são necessários 3 anos para recuperar o investimento inicial. Ao final da atividade serão adquiridos, em valores presentes com uma taxa de desconto de 10%, R\$ 542.677,40. O investimento retornaria 39,45% do valor ao longo do tempo da vida útil.

As informações técnicas apresentadas na tabela anterior desse mesmo capítulo informam que o equipamento de nível 3 é capaz de entregar em 19 minutos uma recarga de 20 kWh. Portanto, por dia haveria um máximo de 72 recargas, considerando 1 minuto de intervalo entre uma recarga e outra. Considerando que uma empresa que atua no varejo de energia em média atenda 1260 veículos, 40% desses veículos sejam elétricos, com apenas uma unidade não seria suficiente para suprir a demanda necessária, precisando de mais unidades de estações de recarga. Apesar disso, ainda assim, seria um investimento rentável.

Algumas empresas do setor de varejos de energia automotiva comercializam diferentes tipos de combustíveis, e em alguns casos variando qualidade de um mesmo combustível buscando atender diferentes tipos de consumidores. Isso faz parte da diferenciação de produtos do mercado.

No mercado de varejo de energia elétrica automotiva, essa diferenciação tem potencial para se dar em relação ao tempo de carregamento entre os tipos de carregadores. Como o investimento com ambas as tecnologias são rentáveis, as empresas podem utilizar diferentes tipos de carregadores e atender diferentes demandas de clientes.

4.1.2 Cenário 2

Assim como no modelo anterior a simulação abaixo foi separada em dois tipos de carregadores: carregador de nível 4 e nível 3 de Corrente Contínua. Foi considerada a aquisição de somente uma unidade de carregador e suas respectivas adaptações estruturais.

Em relação ao modelo tarifário adotado, foi utilizada como tarifa de compra da firma a tarifa de faixa A4 no período de fora das pontas secas e úmidas no valor de R\$ 0,3699 por kWh, já que essa faixa de consumo é alta em um nível industrial. Já para a venda foi entendido que a firma considera haver concorrência com o carregamento residencial, portanto, a firma venderia o kWh de energia elétrica ao preço residencial da faixa de consumo acima de 450kWh na classe de consumo acima de 220 kWh no valor de R\$ 0,8617 por kWh. A tabela abaixo mostra uma simulação de fluxo de caixa com um carregador de nível 4 de Corrente Contínua:

Cenário 2

[illegible]

Esse investimento necessitaria de R\$ 503.723 em CAPEX. As despesas operacionais somam, por ano, R\$ 26.281,20. Em 4 anos seria possível recuperar o investimento. Isso o torna rentável. Além disso, a sua taxa de retorno é 19,99%. Portanto, trata-se de um investimento de retorno razoável.

Até o terceiro ano de atividade econômica haveria retornos negativos. Somente a partir do quarto ano é que esse investimento seria rentável. Restando, portanto, mais seis anos de retornos positivos conservando as hipóteses até então estabelecidas. Ao final da vida útil do aparelho seriam auferidos, considerando uma taxa de 10%, R\$ 212.943,01 em valores presentes.

Em relação às receitas, os valores são relativamente altos: R\$ 517.820,54 por ano. Porém, esse valor não é absorvido em grande quantidade pelo empresário devido aos grandes custos de energia totalizando R\$ 259.197,89. Portanto, a maior parte do custo da atividade econômica são as despesas operacionais.

A maior parte dos custos operacionais é relativa ao custo de aquisição de energia elétrica por ano que são R\$ 259.197,89 correspondendo a 77,18% do custo variável. Portanto, mesmo considerando as outras despesas, tanto operacionais como depreciação, o custo de energia elétrica é o maior componente dos custos variáveis. Em relação ao CAPEX, o custo material corresponde a R\$ 262.812, sendo a maior parte do investimento inicial, sendo 52,17% dele.

A tabela abaixo apresenta a simulação do fluxo de caixa caso fosse adquirido uma estação de recarga de nível 3 de Corrente Contínua.

Cenário 2

[illegible]

Esse investimento necessitaria de R\$ 394.218 em CAPEX. Os custos operacionais somam, por ano, R\$ 17.520,80. Em 4 anos seria possível recuperar o investimento. Isso o torna rentável. Além disso, a sua taxa de retorno é -28,86%. Portanto, trata-se de um investimento não rentável.

Seriam necessários 29 anos de atividade econômica para o negócio ser rentável. Entretanto, a vida útil do equipamento é de 10 anos. Ao final da vida útil do aparelho, considerando uma taxa de 10%, chegar-se-ia ao valor de R\$ -329.177,46.

Em relação às receitas, os valores são: R\$ 155.346,16 por ano. Porém, esse valor não é absorvido em grande quantidade pelo empresário devido aos custos de energia, depreciação e manutenção que somam R\$ 134.701,97. Além disso, o alto custo de investimento, não permite a firma superar o investimento inicialmente estabelecido.

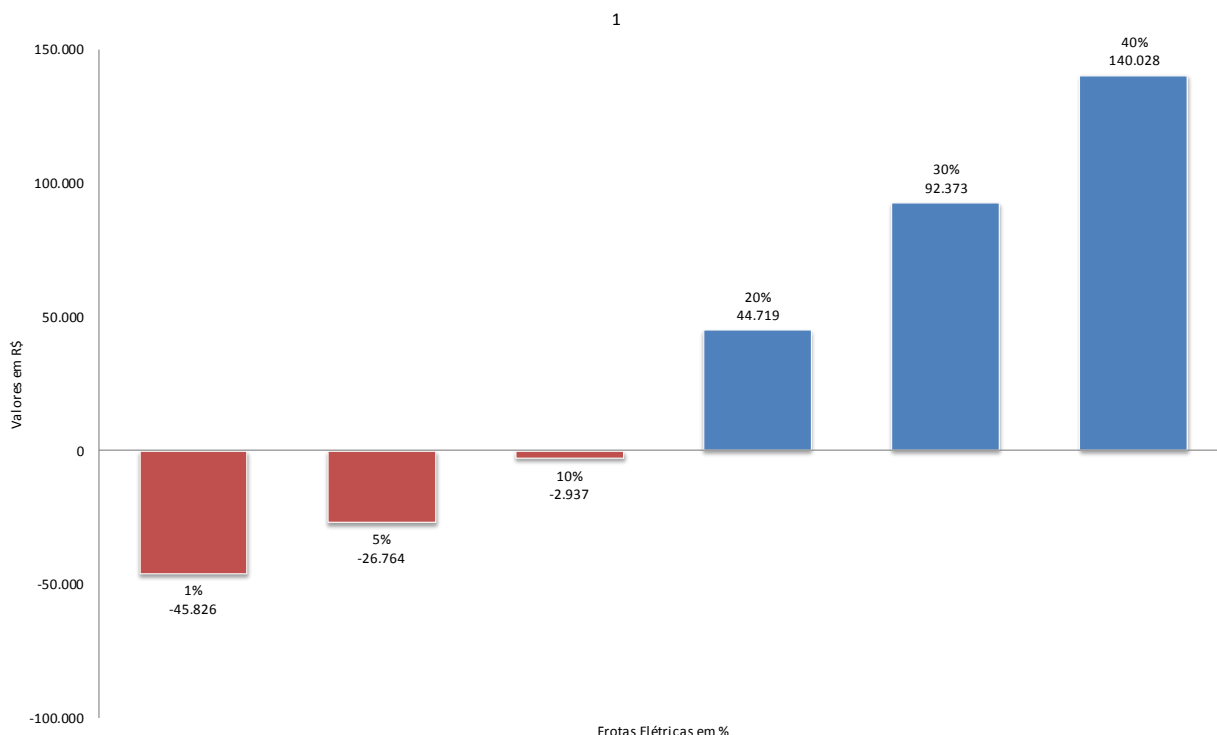
Assim como utilizado o equipamento de recarga de nível 4, a maior parte dos custos com energia elétrica por ano que são R\$ 77.759 correspondendo a 57,73% do custo variável. Portanto, mesmo considerando as outras despesas com o equipamento, o custo de energia elétrica é o maior componente dos custos variáveis. Em relação ao CAPEX, o custo material corresponde a R\$ 175.208, sendo a maior parte do investimento inicial, sendo 44,44% dele.

A diferenciação no caso desse sistema tarifário não é rentável. Como a aquisição da unidade de um carregador nível 3 de Corrente Contínua não é rentável, as firmas tenderiam a investir somente em carregadores de níveis 4. Além disso, quando se assume que haja concorrência pelo carregamento residencial, os usuários estarão menos dispostos a se carregarem seus veículos por muito mais tempo, pois poderiam o fazer durante a noite em que não utilizariam os veículos. Logo, a receita máxima não seria facilmente atingível, criando desafios para o modelo de varejo de energia automotiva.

4.1.3 Análise de sensibilidade

A análise anterior mostrou a rentabilidade dos carregadores de níveis 4 e 3 de Corrente Contínua considerando uma frota elétrica carregável de 40%%. Caso fossem considerados outros estágios de evolução da frota, os resultados seriam diferentes. Em um cenário onde todos os carros fossem elétricos de Plug-In, haveria, por posto no Brasil, 1260 carros que necessitariam energia elétrica. Cada carregador poderia no máximo, por dia, carregar 240 e 72 carros usando equipamentos de níveis 4 e 3, respectivamente. A receita seria dada pela quantidade de veículos elétricos em circulação, adotados aqui como um percentual do número máximo de carregamentos que cada carregador pode carregar. O gráfico abaixo mostra o fluxo de caixa de acordo com o nível da frota considerando um carregador de maior rentabilidade (nível 4):

Gráfico 6 – Lucro anual em Diferentes Frotas Elétricas



Para esse modelo de negócio ser possível, haveria necessidade de existir uma grande aceitação dos carros elétricos no mercado. Atualmente, pouco país detém mais de 1% de sua frota elétrica. O Brasil tem apenas 0,01% de veículos elétricos em circulação sobre os tradicionais. Portanto, não seria investimento rentável no Brasil no cenário atual, e sim em

cenários futuros onde a frota elétrica sejam maiores. Isso significa que a própria aceitação do público com EVs é um pré-requisito para o modelo de varejo energético automotivo funcionar.

Em relação ao tempo de recuperação do investimento, cada tecnologia tem o seu tempo de recuperação de investimento. O gráfico abaixo mostra o *payback* das diferentes tecnologias:

Gráfico 7 – Comparação de *payback* entre as situações

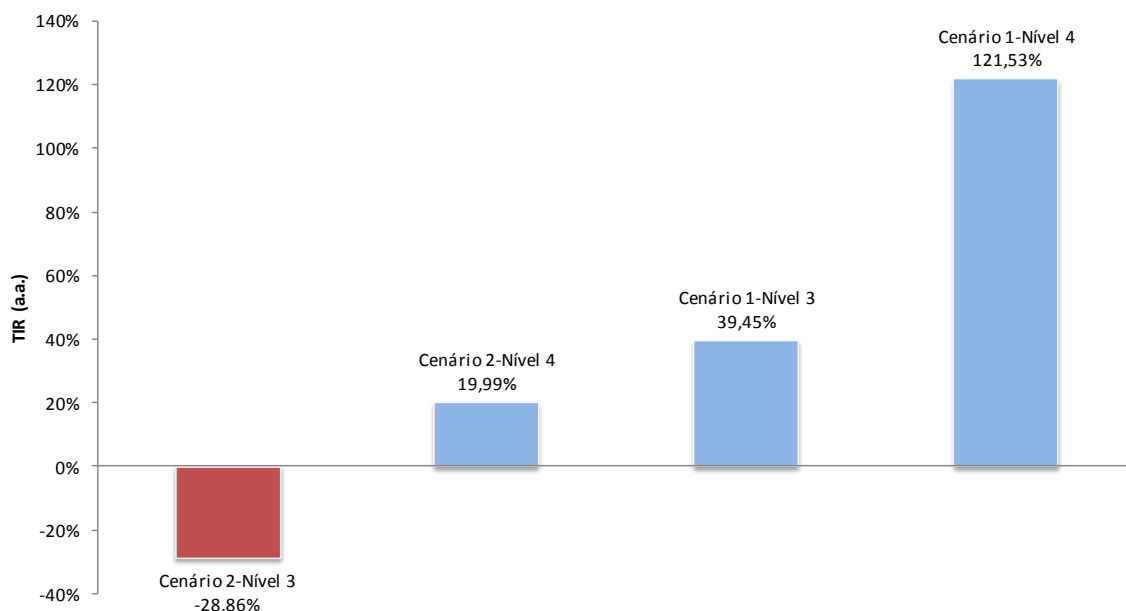


Quando empregada em um cenário 2, os carregadores de níveis 3 não apresentam viabilidade dentro do tempo de vida útil do equipamento. São necessários cerca de 30 anos para se tornar rentável, o que, dado a vida útil do aparelho, é impossível. Considerando o mesmo cenário tarifário, o carregador de nível 4 já é rentável. Precisa-se de quatro anos para recuperar o investimento inicial.

Já se considerarmos o cenário 1, ambas as tecnologias são viáveis. O carregador de nível 4 leva apenas um ano para pagar o investimento inicial. Já em relação ao carregador de nível 3, levam-se 3 anos para o investimento ser recuperado. Portanto, nesse cenário, ambas as tecnologias são rentáveis.

Se tratando de rentabilidade, o gráfico abaixo faz o comparativo entre os cenários e os equipamentos:

Gráfico 8 - Comparação de TIR entre as situações



O cenário 2 apresenta somente como rentável a tecnologia de carregamento de nível 4. No caso do cenário 1, ambos são rentáveis, sendo os carregadores de nível 4 responsáveis por auferir lucros anormais.

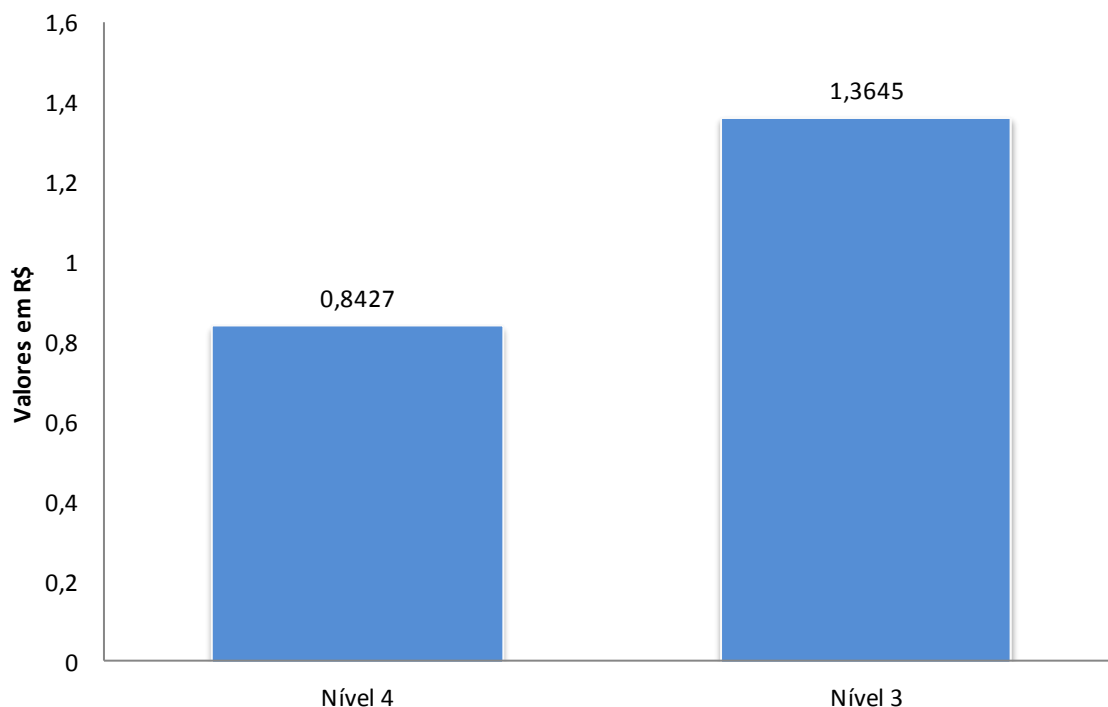
Apesar dos resultados serem razoavelmente rentáveis em três dos quatro casos apresentados, é importante frisar que essas rentabilidades são potenciais. Portanto, incertas.

Uma tarifa de R\$ 2,18 por kWh não seria facilmente aceita pelo público se este pode adquirir a energia pelo carregamento residencial, como será visto na próxima seção. Uma firma de varejo de energia automotiva obteria lucros em regiões em que não estivessem em concorrência com o carregamento residencial.

Num cenário onde a tarifa residencial é o preço de revenda de energia automotiva, configurar-se-ia um equilíbrio de mercado entre oferta e demanda. Logo, seria sustentável um modelo de negócio como esse, porém, a rapidez e eficácia do carregamento seria algo preferido pelo consumidor.

Se mantiver todas as variáveis fixas e calcularmos as tarifas necessárias para o sucesso financeiro do investimento em 10%, encontrar-se-ia o seguinte gráfico:

Gráfico 9 – Comparativo das Tarifas Ótimas entre Carregadores



Pode-se perceber no gráfico 8 que os carregadores de nível 4 são mais propensos a serem aceitos no mercado por conta da proximidade do preço de equilíbrio ao preço residencial. Já os carregadores de nível 3 tendem a precisarem de um preço mais elevado. Portanto, essa tecnologia seria preterida futuramente se fosse empregada em modelo de varejo energético.

Se a análise for feita comparando as quantidades de recargas mínimas, mantendo todas as outras variáveis constantes, para atingir uma taxa interna de retorno de 10% seriam necessárias as quantidades de recargas apresentadas no gráfico 9:

Gráfico 10 - Comparativo de Recargas Mínimas entre Carregadores e Regimes Tarifários



Pode-se perceber que no cenário tarifário 1 necessitam-se de menos recargas que no cenário 2. Quando se muda o regime de tarifas, a quantidade necessária mais que triplica. Em um dia, os carregadores de nível 3 em um cenário 2 são incapazes de gerar retorno de 10%, pois são necessárias mais recargas do que ele poderia realizar. Apesar esse tipo de carregador precisa de 155 recargas, ele só poderia realizar 72 recargas em um único dia. Já o carregador de nível 4 já poderia retornar o investimento, pois é capaz de realizar as 240 no máximo o que excede a quantidade mínima para a rentabilidade ser alta.

4.2 Análises da Demanda

A análise de investimentos pode verificar se é rentável a atividade de exploração de varejo de energia automotiva. Entretanto, somente analisar pelo ponto de vista da firma não seria suficiente para indicar alguma tendência do mercado. Além de entender o movimento de oferta, deve-se entender a demanda.

Enquanto o ofertante de varejo de eletricidade automotiva tem a sua disposição dois tipos de carregadores potencialmente rentáveis para mover seu negócio, o consumidor teria, até então, cinco tipos de carregadores. O consumidor da eletricidade automotiva poderia realizar uma recarga na sua residência com um carregador nível 2 de corrente alternada, carregador em espaços públicos não comerciais, e ainda realizar recargas comerciais secundárias.

Essa última seria caracterizada pela utilização da recarga por uma firma, porém, não faria parte de seu negócio principal. Um exemplo pode ser o estacionamento em um shopping center, onde pode haver estações com cobranças, mas não seria a principal atividade econômica, e sim as outras unidades empresariais que coexistem dentro do espaço.

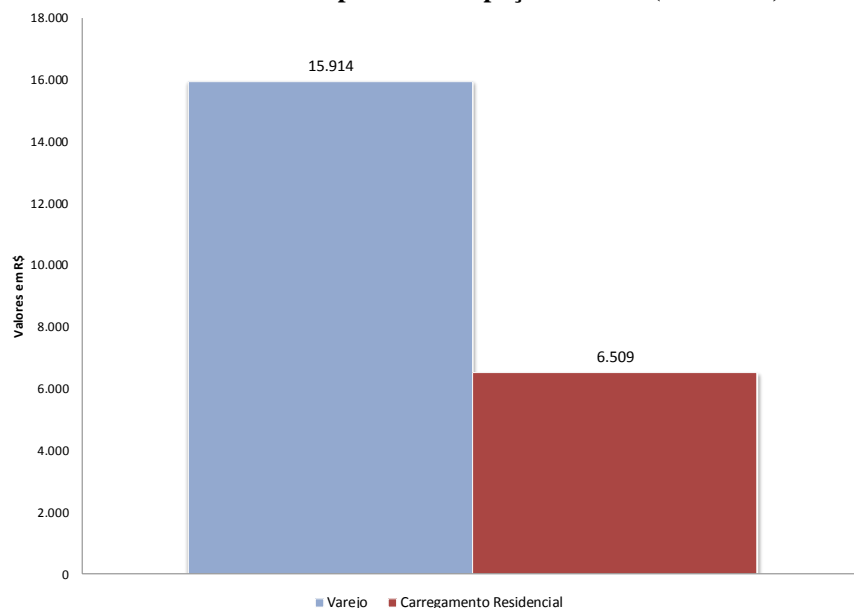
Sendo assim, todas as opções podem ser viáveis para o usuário. A análise a seguir tem o objetivo de entender quais os possíveis comportamentos dos consumidores em relação ao varejo de energia automotiva. Serão adotados os dois cenários estudados anteriormente na análise de fluxo de caixa.

A ideia das simulações será analisar quanto um consumidor gastaria por ano com recarga e qual o preço do kWh considerando todos os custos que ele arca diretamente. Supõe-se também que existam expectativas racionais em que os agentes econômicos utilizam toda a informação disponível sobre o consumo que irão realizar. Portanto, analisam todas as informações que conseguirem obter. Outra hipótese adicionada foi a de que consumidores não pagam por depreciação sendo restrito a empresas, porém pagam pela manutenção do aparelho.

4.2.1 Cenário 1

Nesse cenário considera-se que o preço de revenda seja R\$ 2,18 por kWh. Não serão considerados o CAPEX nem outras variáveis de OPEX, pois o consumidor não arca diretamente sobre elas e estariam sendo recuperadas pelo preço de venda. Aqui cabe uma observação: nesse modelo somente a opção varejista o consumidor para R\$ 2,18 por kWh, no caso dele obter o equipamento e instalar em sua casa ele pagaria o valor residencial de R\$ 0,8617 por kWh.

O gráfico abaixo mostra uma análise de que, considerando uma única recarga por dia, quanto seria gasto ao final do ano.

Gráfico 10 - Custo de 20 kWh por dia no espaço de 1 Ano (Cenário 1)

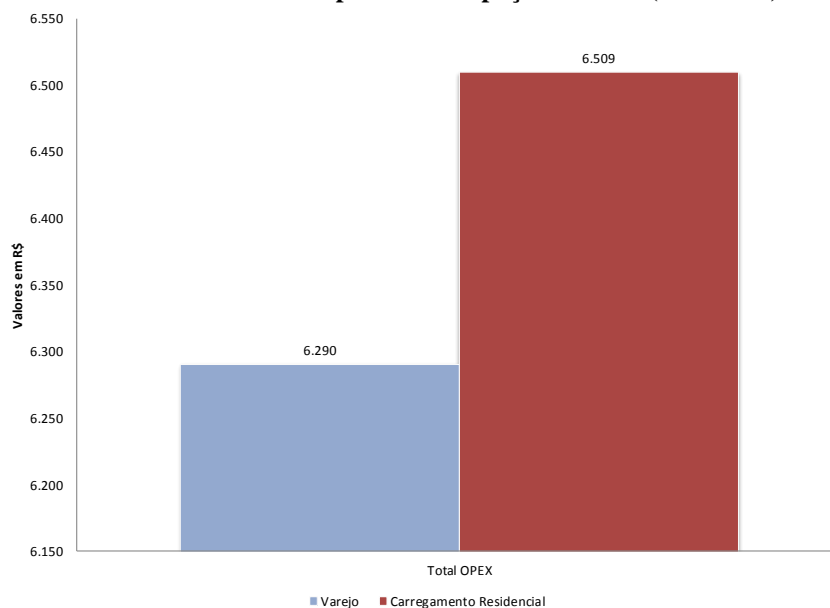
Percebe-se que o menor que todos os gastos são o carregador de nível 2 para residências. O consumidor poderia carregar seu veículo diariamente durante aproximadamente 6 horas um total de 20kWh. Caso o consumidor optasse por instalar um carregador de mesmo nível de uso público sairia mais dispendioso, porém seria menor de idade dispêndio que recarregar em uma unidade varejista. Já o carregador de nível 3 não seria vantajoso devido ao seu alto custo de instalação e manutenção.

A situação em que essa o consumidor aceitaria pagar pelo varejo seria se ele não tivesse a opção do carregamento residencial. Um exemplo poderia ser percorrendo estradas: caso necessitasse de uma recarga, o consumidor aceitaria pagar um preço mais alto que pagaria em sua casa, pois o lugar disponível é o varejista.

4.2.2 Cenário 2

No cenário 2, assim como na análise anterior, o preço de equilíbrio de mercado é a tarifa residencial na faixa de consumo residencial é de R\$ 0,8617 por kWh. Nessa análise, assim como na análise anterior, não serão considerados o CAPEX nem outras variáveis de OPEX, pois o consumidor não arca diretamente sobre elas e estariam sendo recuperadas pelo preço de venda.

O gráfico abaixo mostra as informações de custo de uma recarga por dia durante um ano:

Gráfico 11 - Custo de 20 kWh por dia no espaço de 1 Ano (Cenário 2)

Nota-se que, diferente do cenário 1, é mais vantajoso realizar a recarga na firma varejista. Ao total de um ano são dispendidos R\$ 6.290 em um ano. Se o carregamento fosse residencial o custo seria de R\$ 6.728. A diferença é de R\$ 438, o que não é, para a dimensão temporal de um ano, grande disparidade. Portanto, haveria um mercado próximo do equilíbrio em uma situação real.

Observa-se que, diferente do cenário 1, o varejo é mais vantajoso. O preço por kWh é exatamente o valor que o consumidor pagaria pelo carregamento residencial. O custo real do kWh do carregador residencial inclui os custos de manutenção e do material necessário, que distribuídos ao longo do tempo da vida útil do equipamento, o tornam R\$ 0,06 mais caro.

Se a hipótese da racionalidade financeira for relaxada, ou seja, o consumidor não pensar somente pelo lado financeiro, a diferença de despesas. Portanto, o consumidor poderia ainda optar pelo carregamento residencial. O que poderia mantê-lo como cliente do varejo, seria a rapidez do carregamento. Portanto, nesse cenário somente os carregadores de nível 4 iriam ser de sua preferência, se fosse considerar o carregamento residencial como alternativa.

4.2.3 Comparação entre cenários

O consumidor, em uma situação real, buscaria obter ou a rapidez ou custo. Isso significa que ele poderia escolher entre um tipo de recarga de alta velocidade, que em poucos minutos ele

carregaria boa percentagem de seu veículo a um preço mais alto, ou ele escolheria um valor menor e o faria em casa.

Nos dois casos, a demanda seria por conectores que fossem intensivos ou em rapidez ou em baixo custo. Isso levaria os consumidores a buscarem os extremos das características dos carregadores.

As exceções a essa regra seriam duas situações: uma o consumidor não tem a possibilidade de optar por outras possibilidades de carregamento que não a varejista; a outra seria se o consumidor não objetivasse o carregamento, mas o obtivesse de forma não comercial ou comprando-o em serviços secundários de carregamento.

Locais públicos que fornecessem a energia elétrica automotiva de forma não comercial poderia deslocar preferências dos consumidores dos casos extremos.

Conclusão do Capítulo

Existe uma grande possibilidade de concorrência com o carregamento residencial. Mesmo funcionando em áreas com concorrência, haveria a possibilidade de perder boa parte dos consumidores quando esses podem adquirir o equipamento de uma forma barata. Para evitar isso acontecer, o varejista precisaria vender em um preço abaixo do nível de carregamento residencial e manter unidades de carregamento nível 4 para ser lucrativo.

Para essas características sem manterem seriam necessárias economias de escopo e escala que uma pequena firma não teria o poder econômico para exercê-lo. Portanto, não seria um modelo de negócio para ser operado em mercados de alta concorrência. Nesse caso grandes firmas, oriundas de outros mercados ou que conseguissem obter essas economias de escala e escopo, é que seriam bem sucedidas. Um exemplo disso é a TESLA, que detém uma grande rede de Superchargers, já mencionados no capítulo anterior. Existe, assim, o potencial para concentração e coordenação dessas firmas, o que poderia gerar perda de bem estar para a sociedade.

O modelo de negócio varejista de eletricidade automotiva pode vir a ser rentável em situações onde não se tenha acesso a carregamento residencial, como locais remotos ou estradas. Nesse

caso, não seria de tanta importância o nível dos carregadores usados, visto que o consumidor aceitaria qualquer tipo de serviço que suprisse sua demanda.

Além desse tipo de negócio varejista, pode ser substituído gradativamente por carregamento secundário praticado por empresas que não almejam entrar no negócio de varejo, mas poderiam vir a oferecer o serviço em forma intermediária entre o carregamento residencial e o varejista. Assim o consumidor poderia obter a recarga a um preço barato e um pouco mais rápido que em sua residência, porém não à eficiência dos carregadores varejistas. Essa seria uma externalidade de seu negócio principal, que serviria como uma tática de *lock-in*. Assim o consumidor obteria a recarga e iria realizar o negócio principal que oferece a instituição. Um exemplo disso pode ser os serviços públicos, que poderiam contar com carregadores nos estacionamentos; shoppings; estacionamentos; empresas dispondo os carregadores para os funcionários e entre outros.

Todo o modelo foi trabalhado na hipótese de haver uma frota razoavelmente grande. Para o caso de frotas pequenas (menores que 10%), não haveria rentabilidade desse modelo de negócio. Entretanto, com a maior difusão dos carros elétricos isso seria possível.

Parte das razões da insuficiência lucrativa se deve aos custos de energia e da própria tecnologia. Por serem muito altos, tornam a difusão de equipamentos muito onerosa. Isso, porém, poderia ser revertido se o próprio caminho das inovações levasse ao surgimento de tecnologias que pudessem entregar rapidez no carregamento a baixo custo. Portanto, futuramente possa vir a existir algum tipo de carregador que possa fazer atender a ambas as características.

Conclusão

O objetivo desse trabalho foi verificar a possibilidade de manter o modelo de negócio de varejo energético automotivo para o carregamento de veículos elétricos. Para isso, foi feito um panorama do mercado de varejo combustível; panorama tecnológico atual, contendo descrições de tecnologias existentes; análise de projetos implementados em cinco casos diferentes; e uma análise do fluxo de caixa das tecnologias.

Além disso, tiveram-se como objetivos secundários o entendimento da tendência de demanda e oferta e conjecturar as circunstâncias nas quais o modelo poderia existir. Esses objetivos foram atingidos e são consolidados a seguir.

Atualmente, vários países decidiram adotar a agenda ambiental de redução de emissões. Como foram mencionadas anteriormente, as emissões dos setores de transportes são as de maior peso na atmosfera. Portanto, muitos desses países adotaram medidas para estimular o uso de fontes alternativas de energia e modos alternativos de transportes. Uma das formas

Um dos países que adotaram a agenda ambiental foi o Brasil. Recentemente, o Brasil assinou o Acordo de Paris. Portanto, tem feito parte dos últimos governos reduzir as emissões dos transportes. Uma das maneiras que foi encontrada foi estimular os veículos *flex-fuel* e o uso do etanol com redução das emissões.

Outra maneira de se reduzir as emissões seria estimular o uso de veículos que não emitem poluentes como os EV. O estímulo ao uso de carros elétricos no Brasil foi preterido, como foi dito anteriormente, para dar prioridade aos veículos movidos à combustão interna *Flexfuel*.

Outros países estão incentivando o uso de carros elétricos por meio de políticas públicas, subsídios e outras medidas. Com isso alguns deles estão conseguindo eletrificar a frota e desenvolver esse mercado. A situação macroeconômica atual do país é de recessão. O teto dos gastos já foi ultrapassado e isso limita a atuação futuramente do Estado, no curto prazo. Isso impacta negativamente diversos setores da economia. Um dos setores foi o de energia. Esses em maio de 2018 alguns impostos referentes a combustíveis foram aumentados, que resultou na paralisação dos caminhoneiros.

O setor de varejo de combustíveis tem aumento de preços por conta da recessão macroeconômica. Porém, a situação em que as firmas de varejo se encontram é em grande concorrência. A maior parte dos postos de combustíveis é de bandeira branca, ou seja, não são controlados pelas distribuidoras. Isso significa que o mercado de varejo é sólido, com concorrência relativamente equilibrada. Portanto, esse mercado está próximo do equilíbrio apesar de problemas na cadeia *upstream*.

A introdução da tecnologia de carregamento não teria capacidade de entrar no mercado de varejo de energia automotiva através de pequenas empresas. Devido aos altos custos de implantação, essa atividade só poderia ser executada por empresas de grande porte. Isso poderia levar a criar concentração de mercado.

Por conta da diferenciação dos serviços da velocidade de carregamento de veículos, os carregadores mais potentes seriam concentrados em grandes firmas que poderiam obter lucros anormais com a atividade econômicas. A comercialização da recarga poderia coexistir com a atividade de recarga residencial, porém em locais sem a possibilidade de realizar recarga não comercial, o consumidor seria obrigado a recarregar seu veículo em terminais de varejo, pagando tarifas muito altas.

Além da concentração horizontal de mercado potencial, existe também a formação de economias de escopo e escala. Grandes firmas já dominam simultaneamente a fabricação de veículos elétricos, carregamento e já exercem esse poder de mercado. Um exemplo é a TESLA: a firma já fabrica veículos elétricos, carregadores e tem em seu poder estações de carregadores rápidos e também vende carregadores residenciais. Portanto, pequenas firmas não teriam como competir com nessa situação.

Os custos de aquisição são de grandes valores para o negócio ser rentável na situação atual do Brasil com relação aos carros elétricos. Poucas unidades poderiam levar a um investimento inicial na ordem de milhões. Isso torna o mercado pouco atraente para investidores. Além disso, esse investimento só pode ser recuperado se houvessem grandes números de veículos elétricos de plug-in.

Somado a isso, existe um problema da concentração de mercado que pode vir a ocorrer. Como o custo de manter a tecnologia é caro e o custo de energia também, firmas de grande porte teriam grande influência sobre o mercado. Já existe, através da padronização, uma tendência

de concentração. Atualmente, existem quatro tipos de conectores principais: CHAdeMO, CCS, Tesla, Type2.

Em termos de energia, somente um tipo de unidade de recarga potencialmente satisfaz as condições de um negócio de varejo. Outros tipos serviriam para comercialização secundária de energia. Existe, com isso, uma insuficiência por conta das tecnologias de carregamento de atenderem as exigências de velocidade dos consumidores.

Com isso, se considerarmos o mercado relevante como todas as energias automotivas, a tecnologia de *fast-chargers* não conseguem vencer a competição. O mercado de combustíveis é sólido e competitivo. As tecnologias de recarga rápida não conseguem ser competitivas contra o baixo custo do modelo de varejo de combustíveis. Portanto, a forma que essa tecnologia pode conquistar o espaço no mercado não seria através do mesmo modelo de negócio.

As experiências dos usuários de carregamento de veículos de *Plug-In* mostram que a tendência é afastar da utilização do serviço de varejo. A preferência em geral é pelo carregamento noturno residencial. Portanto, o consumo pelo varejo é preferido por uma minoria de usuários ou são usados em situações em que não há outras opções.

Assim, é possível afirmar que não há tendência do mercado para o sentido do varejo, considerando as tecnologias até então existentes. A pergunta inicial que se buscava responder, portanto, tem-se já uma resposta: não é possível ter um modelo de negócio de varejo de energia elétrica automotiva com as condições atuais.

Apesar disso, podem acontecer inovações e criar novos tipos de carregadores e novas modalidades de carregamento com modelos de negócios diferentes dos atuais não imaginados até então. A disrupção tecnológica não se mostra ser intensiva sob o ponto a origem da energia. A maior parte das inovações está acontecendo na área de tecnologia e informação.

Como o mercado de VE está inserido num contexto de inovação tecnológica. Portanto, existe uma incerteza do que se tornará dos carregadores elétricos e, ainda, dos carros elétricos. A tecnologia mostra-se heterogênea. Muitos das novas tecnologias estão em fases experimentais e ainda não estão sendo empregadas em larga escala.

Com isso existe a possibilidade do modelo de varejo de energia elétrica automotiva alterar a forma na qual ele estaria desenhado inicialmente. Assim, as inovações não mudariam somente

a forma da tecnologia em si, como também o seu próprio emprego e a maneira de fazer negócios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

111th CONGRESS. (2009). Public Law 111-5. Disponível em: <<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-111publ5/pdf/PLAW-111publ5.pdf>> Acesso em 12/12/2018.

ANEEL. Fl. 5do Formulário de AIR – AP Recarga de Veículos Elétricos. 21 de Março de 2017

ANP. Anuário Estatístico Brasileiro Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis. 2018c.

ANP. Nota Técnica Conjunta no 1/2018/DG/DIR1/DIR2/SBQ/CPT/ANP. Julho 2018^a

ANP. Síntese de Comercialização de Combustíveis. Setembro de 2018b

BRUNI, P. P.. Comportamento dos Preços e a Formação de Cartéis na Etapa de Revenda do Mercado de Gasolina Brasileiro. IE UFRJ. Janeiro de 2005

CHAdEMO. (s.d.). CHAdEMO Official Website. 2018b. Disponível em <<https://www.chademo.com/>> Acesso em 11 de Dezembro de 2017.

CHAdEMO. CHAdEMO releases the latest version of the protocol enabling up to 400KW. (15 de Julho de 2018a) Disponível <<https://www.chademo.com/chademo-releases-the-latest-version-of-the-protocol-enabling-up-to-400kw/>> Acesso em 12/12/2018

CHAdEMO. Press Release. 15 de March de 2010a. Disponível em: <<http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/10031501-e.html>> Acesso em 11 de Dezembro de 2010.

CHAdEMO. What to Expect in New Connectors. 2010b. Disponível em: <http://www.fveaa.org/fb/Level3Charging_279.pdf> Acesso em 11 de Dezembro de 2018.

CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 273. 29 de Novembro de 2000

EC.. EU launches clean fuel strategy. European Commission Press Release. 24 de January de 2013.

FGV. Carros Elétricos. Caderno de Energia. 2017.

HABIB, S., KAMRAN, M., & RASHID, U.. Impact analysis of vehicle-to-grid technology and charging strategies of electric vehicles on distribution networks - A review. Department of Electrical Engineering, University of Engineering and Technology, Lahore, Pakistan. 4 de December de 2014

HERTZKE, P., MÜLLER, N., SCHENK, S., & Wu, T.. The Global Electric-Vehicle Market Is Amped Up And On The Rise. McKinsey&Company. 2017

INL . Plug-In Electric Vehicles Analysis. September de 2015

LEI Nº 12.351. (s.d.). 22 de Dezembro de 2010.

LORENTZEN, E., HAUGNELAND, P., BU, C., & HAUGE, E. Charging infrastructure experiences in Norway - the worlds most advanced VE market. EVS30 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium. October de 2017

MASOUM, M. A., MOSES, P. S., & HAJFOROOSH, S. (2011). Distribution Transformer Stress in Smart Grid with Coordinated Charging of Plug-In Electric Vehicles. IEEE.

MENNEKES. Type 2 charging plug proposed as the common standard for Europe. 2013. Disponível em <http://www.mennekes.co.uk/uploads/media/MENNEKES_Media_information_Type_2_charging_plug_proposed_as_the_common_standard_for_Europe.pdf> Acesso em 12/12/2018

NEAIMEH, M., SALISBURY, S. D., HILL, G. A., & BLYTHE, P. T. Analysing the usage and evidencing the importance of fast chargers for the adoption of battery electric vehicles. Idaho National Laboratory. 2017

NUNES, C., & GOMES, C. (2005). ASPECTOS CONCORRENCIAIS DO VAREJO DE COMBUSTÍVEIS NO BRASIL. FGV.

NZTA. (s.d.). Charging point connectors and socket outlets. <https://www.nzta.govt.nz/planning-and-investment/planning-transport/planning-for-electric-vehicles/national-guidance-for-public-electric-vehicle-charging-infrastructure/charging-point-connectors-and-socket-outlets/> Acesso em 11 de Dezembro 2018.

OHNSMAN, A. Tesla Is Doubling Its Global Charging Network Ahead Of Model 3 Rollout . 24th April, 2017 Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2017/04/24/tesla-is-doubling-its-global-charging-network-ahead-of-model-3-rollout/#70af211674bf>> Acesso em 12/12/2018

ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Setembro de 2015

PADHI, A., TSCHIESNER, A., & LONDON, S. How the auto industry is preparing for the car of the future. December de 2017

PHOENIXCONTACT. (s.d.). Combined Charging System (CCS). 2018. Disponível em: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/il?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/ilen/web/main/products/subcategory_pages/Charging_systems_P-29-03/3f34965c-f842-4adc-a9f6-28126dc0a51a/3f34965c-f842-4adc-a9f6-28126dc0a51a> Acesso em 12/12/2018

RCN. Rapid Charge Network Activity 6 Report. Idaho National Laboratory. December de 2015

SCHROEDER, A. S., & TRABER, T. The economics of fast charging infrastructure fo relectric vehicles. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. January de 2012

SMITH, L. J. (18 de July de 2018). Wireless charging roads and motorways for electric cars could be coming to the UK. EXPRES.S Disponível em: <<https://www.express.co.uk/life-style/cars/990524/Wireless-charging-roads-electric-cars-UK>> . Acesso em 11-Dezembro-2018

STEEN, M., SCHELVEN, R. V., KOTTER, R., TWIST, M. V., & DVEENTER, P. VE Policy Compared: An International Comparison of Governments' Policy Strategy Towards E-Mobility. 2015

TESLA. (s.d.). Instalação de uma solução de carregamento em casa. 2018b. Disponível em: <https://www.tesla.com/pt_PT/support/home-charging-installation> Acesso em 11/12/2018.

TESLA. (s.d.). Privacy and Legal. 2018c. Disponível em: <<https://www.tesla.com/about/legal?#payment-terms-for-services>> Acesso em 11/12/2018.

TESLA. (s.d.). Supercharger. 2018d. Disponível em: <<http://www.tesla.com/supercharger>> Acesso em 11/12/2018.

TESLA. An Updating to our Supercharging Program. 7th November, 2017. Disponível em: <<https://www.tesla.com/blog/updateour-supercharging-program/>> Acesso em 11/12/2018.

TESLA. Mapa Interativo do Supercharger. 2018e. Disponível em: <https://www.tesla.com/pt_PT/findus#/bounds/65,55,34,-11,d?search=supercharger&name=Europe> Acesso em 12/12/2018

TESLA. Serviço de apoio. 2018a. Disponível em: <https://www.tesla.com/pt_PT/support/model-3-charging?redirect=no> Acesso em 11/12/2018.

UNIÃO EUROPEIA. DIRETIVA 2014/94/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO . Jornal Oficial da União Europeia. 22 de Outubro de 2014

VOLKSWAGEN. (03 de 05 de 2012). Weltweit tätige Automobilhersteller zeigen Schnellladen an Elektrofahrzeugen auf der EVS26. Disponível em: <<https://www.pressebox.de/inaktiv/volkswagen-ag-wolfsburg/Weltweit-taetige-Automobilhersteller-zeigen-Schnellladen-an-Elektrofahrzeugen-auf-der-EVS26/boxid/505213>> Acesso em 11/12/2018.

YILMAZ, M., & KREIN, P. T.. Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Hybrid and Electric Vehicles. IEEE. May de 2013